Sedimentpetrographische Untersuchung der Tuffe und Tuffite des Vogelsbergs

---

von

Vishwanath Singh

aus Naraingarh (Indien)

1965 № 123

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548619_0053

Sedimentpetrographische Untersuchung der Tuffe und Tuffite des Vogelsbergs

der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
zur
Erlangung des Doktorgrades

vorgelegt von

Vishwanath Singh
aus Naraingarh (Indien)

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

Als Dissertation genehmigt von der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg

Tag der mündlichen Prüfung: 21. Juli 1965

Dekan: Universitätsprofessor Dr. Th. Ernst

Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. Th. Ernst

Berichterstatter: Universitätsdozent Dr. K. v. Gehlen

Inhaltsübersicht

		Seite
1.	Einleitung und Problemstellung	3
2.	Arbeitsmethodik	5
3.	Mineralogische Charakteristik der einzelnen Komponenten der Tuffe	7
3.1.	Magmatische Komponenten	7
3.2.	Veränderte magmatische und sekundäre Komponenten der Tuffe	8
3.3.	Fremdkomponenten	16
4.	Die Ergebnisse der Untersuchung einiger Vorkommen und Profile	17
4.1.	Die Tuffe vom Steinbruch Oeleberg bei Großenbuseck	17
4.2.	Die Tuffe von Rainrod (Bohrung Nr. 1)	22
4.3.	Die Tuffe vom Steinbruch Herbstein	24
4.4.	Die Tuffe von Nidda (Bohrung Nr. 11)	25
4.5.	Die Tuffe vom Steinbruch Oberwiddersheim	26
4.6.	Die Tuffe von Staden (Bohrung Nr. 26)	29
4.7.	Die Tuffe vom Steinbruch Traislumda	30
4.8.	Die Tuffe von Wohnbach (Bohrung Nr. 28)	32
5.	Zusammenfassung der Analyse des Stoffbestandes	34
6.	Zur Genese der untersuchten Tuffe des Vogelsberges	35
6.1.	Zum Chemismus der tufflieferndn Basaltmagmen	35
6.2.	Zur Frage der Herkunft der Fremdkomponenten	36
6.3.	Zur Umwandlung der primären Tuffkomponenten	37
6.3.1.	Die hydrothermale Fazies, Montmorillonit-Tuffe	37
6.3.2.	Kaolinbildung (Zur Frage der Lateritisierung)	37
6.3.3.	Weitere Tonminerale in den Tuffen	39
6.3.4.	Zur Farbe der untersuchten Tuffe	40
7.	Zusammenfassung	41
8.	Literatur	43

Tabellen:

Tab. Nr. 1-5a im Text

			im Anhang	Seite
"	"	6	Verzeichnis der Fundpunkte bezw. Entnahmestellen von Tuffproben (außer Oeleberg)	46
"	"	7	Entnahmestellen der Proben vom Steinbruch Oeleberg	48
"	"	8	Korngrößenverteilung der Proben aus dem Steinbruch Oeleberg	50
"	"	9	Korngrößenverteilung der Proben (außer Oeleberg)	51
"	"	10	Mineralbestands-Tabelle der Proben (außer Oeleberg)	52
"	"	11	Mineralbestand der Tuffe aus dem Steinbruch Oeleberg	53
"	"	12	Mineralbestand einiger Proben (unter 60 µm) aus dem Steinbruch Oeleberg	54

1. Einleitung und Problemstellung

In der vorliegenden Arbeit wird über die Ergebnisse von sedimentpetrographischen Untersuchungen an Tuffen und Tuffiten des Vogelsbergs berichtet.

Der Vogelsberg, der eine nahezu kreisförmige Fläche von 2000-2500 km^2 zwischen dem Mainzer und dem Kasseler Tertiärbecken bedeckt, ist ein Erosionsrest eines großen tertiären Basaltvulkans, der während starker Eruptionstätigkeit im Miozän durch zahlreiche kleinere vulkanische Durchbrüche zustande kam (SCHOTTLER 1920).

Nach SCHENK (frdl. mündl. Mitteilung) wurden die Tuffe während der ganzen Zeit des Vulkanismus im Wechsel mit Lava-Ergüssen gefördert. Die Tuffdecke ist nicht nur auf die Ost- und Westsenke (SCHOTTLER 1937) beschränkt, sondern auch im Hohen Vogelsberg vorhanden. Das Gebiet der Abdachung des Vogelsbergs im Osten (Ostsenke) und des Grabens im Westen (Westsenke, (SCHENK 1959)) zeichnen sich durch die Vorherrschaft feiner Tuffe aus, während im Hohen Vogelsberg Bombentuffe häufiger sind. Zentren besonderer vulkanischer Tätigkeit erscheinen heute morphologisch als Hochgebiete mit vulkanischen Aufbauten. Im Raum zwischen Hohem Vogelsberg und Rheinischem Schiefergebirge war im Miozän eine wasserüberflutete Senke, während die Bildungen der Nord- und Ostabdachung trockenes Land andeuten, das höchstens an seinem Saum anfänglich von Wasser bespült worden ist.

Alle Tuffe, die in dieser Arbeit untersucht wurden, sind sehr feinkörnig und haben ein fast toniges Aussehen, obwohl ein Tuff sonst normalerweise schon makroskopisch glasige magmatische Anteile (juvenil), ältere, aus dem gleichen Magma ausgeschiedene Minerale (authigen) und Fremdkomponenten erkennen läßt, die durch die vulkanischen Gase gefördert und auf dem Ausbruchswege oder an der Erdoberfläche abgesetzt wurden.

Das Ziel dieser Arbeit war zunächst die Bestimmung des Mineralbestandes der vorliegenden Tuffe. Darauf aufbauend sollte, wenn möglich, die Herkunft der Tuffkomponenten und ihr Zusammenhang mit den verschiedenen Ergußdecken untersucht werden. Besonderes Augenmerk wurde auf die Bestimmung der Tonminerale mit Hilfe chemischer, thermischer und röntgenographischer Methoden gerichtet, um daraus Schlüsse auf die Umbildungsgeschichte und das geologische Milieu ziehen zu können. Die Lage der Probeentnahmepunkte geht aus Abb. 1 und Tab. 6 und 7 (im Anhang) hervor.

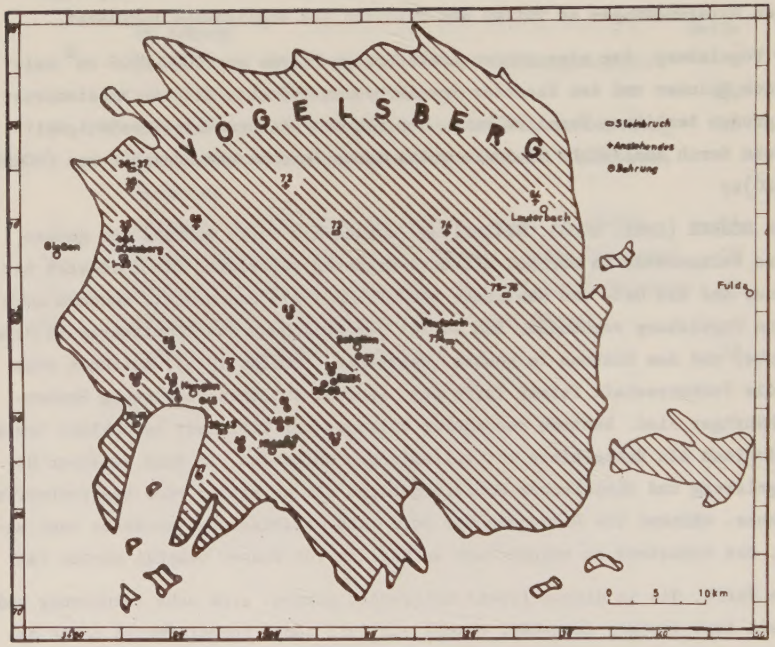

Abb. 1: Übersichtskarte des Vogelsberges mit den Entnahmepunkten der Proben (vergl. Tab. 6 und 7 im Anhang).
Schraffiert = vulkanische Ablagerungen des Tertiärs, z.T. unter jüngerer Überdeckung.

2. Arbeitsmethodik

Die Untersuchungen der Tuffe und Tuffite konnten mit sedimentpetrographischen Methoden durchgeführt werden, weil alle Proben aus wenig verfestigtem tonigen Material bestanden. Zur leichteren Durchführung von qualitativen und mikroskopischen Untersuchungen wurden die Proben in neun Korngrößenklassen nach der von CORRENS und SCHOTT (1932) empfohlenen Normalmethode von ODEN zerlegt:

Durch Absieben: > 1 mm; 1-0,63 mm; 0,63-0,20 mm; 0,20-0,063 mm.
Durch Sedimentation im Atterbergzylinder: 63-20 um; 20-6 um.
Durch Zentrifugieren: 6-2 um; 2-0,6 um.

Der Rest wurde mittels Vakuummembranfiltration gewonnen. Um die agglomerierten Teilchen zu trennen, erfolgte für eine Ausgangsmenge von 20 g eine Vorbehandlung in 0,01 n Ammoniakwasser (24 Std.), anschließend mechanische Zerteilung (4 1/2 Std.) in einem Mixgerät.

Die Korngrößenverteilung jeder Probe wurde mit der Pipettmenthode nach KÖHN (1928) bestimmt.

Die Mineralbestimmung in den einzelnen Korngrößenklassen wurde mit den folgenden Methoden durchgeführt:

1. Röntgenverfahren. Neben den Pulveraufnahmen nach DEBYE-SCHERRER wurde vornehmlich die Methode von K. JASMUND (1956) angewandt, nach der an sedimentierten Proben mit ausgezeichneter Textur die Basisreflexe der Tonminerale schnell und sicher bestimmt werden können. Über die Ausführung siehe u.a. H. KRUMM (1961). Dieses Texturverfahren gestattet quellbare Minerale durch Behandlung mit Äthylenglykol und Glyzerin leicht zu erkennen. Außerdem gaben auf 450°C und 550°C aufgeheizte Proben weitere Hinweise auf das Vorkommen bestimmter Minerale.

Die Anwesenheit von Quarz in den gröberen Korngrößenklassen erlaubte in den DEBEYE-SCHERRER-Aufnahmen keine sichere Erfassung aller Röntgeninterferenzen der vorhandenen Tonminerale, doch war dann die Identifizierung mit der Texturkamera möglich.

2. DTA. Über die benutzte Apparatur zur differentiellen Thermoanalyse (DTA) siehe H. KRUMM (1961) und A. BECHER (1965).

3. Dilatometrie. Die quellbaren Tonminerale konnten besonders mit einer Dilatometer-Apparatur nach W. FORKEL (1955) bestimmt werden.

4. Kristalloptische Verfahren. Verfestigte Proben ließen Dünnschliffuntersuchungen zu, doch wurden im allgemeinen Pulverpräparate bestimmt. Das Phasen-Kontrast-

Verfahren (z.B. PILLER 1953) gestattete eine zufriedenstellende Abschätzung der Mengen in den einzelnen Korngrößenklassen. Zur Einbettung wurden Oxalester (n = 1,481) und Zimtaldehyd (n = 1,62), auch in Mischungen, verwendet. Für die quantitative Bestimmung wurden in jedem Fall mindestens 300 Körnchen ausgezählt.

5. Die chemische Zusammensetzung einzelner Fraktionen wurde mit einem 3,4 m Ebert-Gitterspektrographen der Firma Hilger durchgeführt. Die Einwaagen betrugen pro Analyse 5 mg; zur Sicherung der Werte wurden 3 Bestimmungen durchgeführt. Die Analysenwerte beziehen sich auf die bei 100°C vorgetrockneten Proben; die Analyse selbst wurde jedoch an der bei 1000°C (3 Std.) geglühten Substanz vorgenommen, der Glühverlust in der Analyse als H_2O^+ angegeben. Da die Fehlerquelle der optischen Spektralanalyse etwa ± 10 % beträgt, sind die Werte auf die Gesamtmenge von 100 % umgerechnet. Der Analytikerin, Frl. Eder, danke ich herzlich für die Ausführung dieser Arbeiten.

6. Elektronenmikroskopische Aufnahmen wurden freundlicherweise von Herrn Dr. K. Schüller, Fa. Stemag (Lauf/Pegnitz), mit einem Siemens-Elmiskop II angefertigt.

2. Mineralogische Charakteristik der einzelnen Komponenten der Tuffe

3.1. Magmatische Komponenten der Tuffe:

a) Pyroxene sind meist nur durch Augite vertreten. Sie sind farblos bis hellgrün, nicht pleochroitisch und mäßig doppelbrechend. Der Auslöschungswinkel $c\wedge\gamma$ beträgt über 40°. Sehr selten (Steinbruch Oberwiedersheim) kommen einige rhombische Pyroxene mit γ ähnlich 1,674 vor, schwach doppelbrechend. Es handelt sich danach um Enstatit mit etwa 5-10 % Fs-Anteil; nach den Ergebnissen von ERNST (1964) dürfte ein Orthopyroxen dieser Zusammensetzung aus einer Olivinknolle stammen.

b) Amphibole: Selten tritt Hornblende auf. In Probe Nr. 57 finden sich genetisch interessante, zerrissene große Hornblenden, die darauf hindeuten, daß in der Lava zur Zeit des Ausbruchs bereits Mineralien ausgeschieden waren, die während der Eruption gefördert und danach zerbrochen wurden.

c) Feldspäte: Der Plagioklas ist Andesin-Labrador mit 50±5 % Anorthitgehalt und γ ähnlich 1,560. Die leistenförmigen Kristalle sind fast stets verzwillingt, und zwar vorwiegend nach dem Albitgesetz. In den meisten Proben sind sie frisch erhalten geblieben.

d) Biotit ist nur in Probe Nr. 59 sehr verbreitet. Die kleinen idiomorphen Blättchen zeigen einen Korndurchmesser von 20—>1000 um.

e) Magnetit: Die oktaedrischen Kristalle, Korngröße 20 - >200 um, sind meistens gleichmäßig verteilt. Vorwiegend kommen sie in den Lapilli-führenden Tuffen vor.

f) Hämatit kommt als färbende Substanz vor, die durch die starken Interferenzen mit d = 3,68 Å, 2,69 Å und 2,51 Å in den Jasmund-Aufnahmen charakterisiert wird.

g) Glas: Frisches Glas, im Pulverpräparat hellbraun, isotrop oder sehr schwach doppelbrechend, ist außerordentlich selten. Der Brechungsindex konnte nur an wenigen Proben bestimmt werden mit n etwa 1,554. Nach WILLIAMS (1924) sollte nach der Lichtbrechung ein verhältnismäßig basisches Glas vorliegen.

h) Basalt-Einschlüsse (Lapilli): Sie treten selten auf und unterscheiden sich nach Größe, Zusammensetzung und Erhaltungszustand.

In Probe Nr. 55 findet man eingeschlossen in die Grundmasse einige

Feldspatlapilli, die aus über 90 % sehr feinem Plagioklas und etwa 10 % Pyroxen (Augit) und Magnetit bestehen. Die Feldspäte sind hier verhältnismäßig frisch.

Für die genetischen Fragen sind die in der montmorillonitreichen Grundmasse vorkommenden basaltischen Anteile sehr wichtig, die aufgrund der zahlreichen Augite und Magnetite und den völlig zersetzten Feldspäten erkannt werden können und die gegenüber dem Tuff eine braune Randzone zeigen. Die Olivine sind ebenfalls völlig zerstört; im Dünnschliff deuten die Löcher mit den charakteristischen Umrissen auf die frühere Anwesenheit hin. Die blasigen Hohlräume sind teilweise mit SiO_2 gefüllt. Bemerkenswert ist das Zersetzungsprodukt der Feldspäte, das im wesentlichen aus Kaolin besteht.

3.2. Veränderte magmatische und sekundäre Komponenten der Tuffe:

a) Montmorillonit.

Aussehen und Optik: In den Proben beobachtet man farblose bis braune Flecken und Nester von Montmorillonit, die rundliche und auch stachelige, konkav umgrenzte Formen bilden mit einer Größe von etwa 6 µm bis 600 µm. Ihre Innenstruktur ist schalig-spharolithisch und besteht aus feinsten faserigen oder schuppigen Aggregaten. Die Doppelbrechung ist meist sehr niedrig und die mittlere Lichtbrechung kleiner als 1,542. Da diese Aggregate teilweise, wenn auch selten, Übergange zu fast isotropen Glasresten zeigen, dürften die Montmorillonit-Aggregate zumindest teilweise aus der Zersetzung von Glasfetzen entstanden sein. In einigen Fällen sind auch Texturen von montmorillonit-gefüllten Blasen noch erhalten.

Aus den genannten Gründen können die Montmorillonit-Aggregate überwiegend als zersetztes vulkanisches Glas gedeutet werden.

Dilatometrie: Die Dilatometer-Kurve einer Montmorillonit-Tuffprobe zeigt zwischen 100-250° C eine sehr starke Schwindung von mehr als 3 % (siehe Abb. 2), die auf ein quellfähiges Mineral deutet, das in diesem Temperaturbereich sein adsorbiertes Zwischenschicht-Wasser verliert und die für Montmorillonit charakteristisch ist. Die beobachtete Schwindung von mehr als 3 % stimmt recht gut mit der Schwindung "reiner" Montmorillonite überein (FORKEL 1955, S. 8). Ebenfalls entspricht die Dehnung bei 500 bis 600° C dem endothermen D.T.A.-Haupteffekt des Montmorillonits, der durch die Abgabe des Konstitutions-Wassers (OH-Gruppen) verursacht wird.

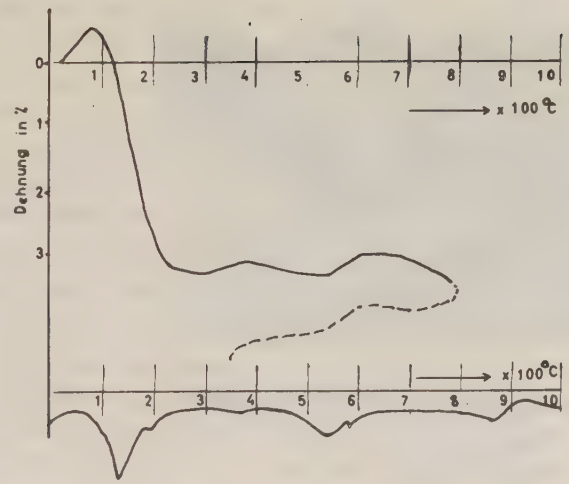

Abb. 2: Charakteristische Dilatometer-Kurve eines Montmorillonit-Tuffes mit zugehöriger DTA-Kurve (Probe Nr. 1).

Röntgen-Analyse: Auf den Debye-Scherrer-Aufnahmen sind die Reflexe des Montmorillonits schlecht zu erkennen, weil sie von den vorherrschenden Linien des Quarzes in den meisten Proben überdeckt werden. Eine Ausnahme bildet die Aufnahme von Probe Nr. 5, die auch den 060-Reflex von Montmorillonit (bei 1,49 Å) zeigt.

Aus Jasmund-Aufnahmen geht hervor, daß der Montmorillonit dem dioktaedrischen Typ mit vorwiegender R^{3+} Besetzung in der Oktaederschicht angehört. Dem entspricht der Abstand d_{060} von 1,49 Å. Die Zwischenschichten sind im wesentlichen mit Mg und Ca besetzt, weil der 001-Reflex in lufttrockenem Zustand um 15 Å liegt und nach Glyzerinbehandlung bis über 18 Å quillt.

Elektronen-Mikroskopie: (Siehe Abb. 3). Die elektronenmikroskopischen Aufnahmen zeigen Montmorillonit als sehr kleine unregelmäßige Teilchen. Einige sind flockenförmig mit sehr unregelmäßiger Umrandung.

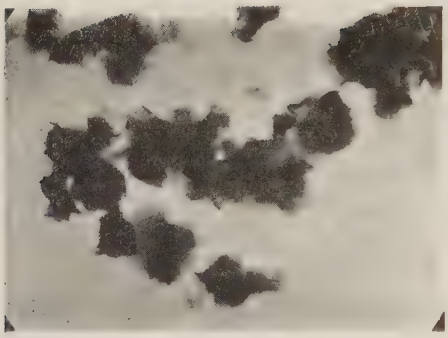

Abb. 3: Elektronenmikroskopische Aufnahme von Montmorillonit (Probe Nr. 25), Fraktion 2-0,6 um. Vergr. 15000:1.

DTA-Befunde und Mg-Gehalte: Obwohl bei der Röntgenanalyse und den optischen Untersuchungen die Montmorillonite ganz einheitlichen Charakter zeigen, sind die Unterschiede in ihren DTA-Kurven sehr auffallend. Die DTA ist hier der Röntgenmethode überlegen; sogar kleine Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung ließen sich feststellen. Die Variationen der DTA-Kurven sollen hier ausführlich diskutiert werden, und zwar unterteilt nach drei Temperaturbereichen.

100-300°C: ohne Ausnahme zeigen alle Montmorillonite in diesem Bereich zwei endotherme Reaktionen aufgrund des Verlustes des Zwischenschichtwassers, zwischen 100-200°C, mit ganz ähnlicher Kurvenausbildung.

500-700°C: in diesem Temperaturbereich zeigen sich dagegen bedeutende Unterschiede in den endothermen Reaktionen. Hier handelt es sich um den Verlust von (OH)-Gitterwasser. Nach diesen Variationen lassen sich folgende zwei Typen charakterisieren: Die meisten Montmorillonite zeigen eine endotherme Reaktion zwischen 500-600°C, während einige andere zwei Reaktionen, nämlich 500-600°C und zwischen 600-700°C zeigen. Die Reaktion zwischen 600-700°C ist nur in den Kurven der Korngrößen unter 6 µm erkennbar.

Nach der Literatur zeigt ein gut kristallisierter Montmorillonit nur eine endotherme Reaktion zwischen 600-700°C, und bisher ist kein Zusammenhang zwischen der Lage und Größe des Peaks dieser Reaktion und der chemischen Zusammensetzung festgestellt worden.

Wenn man den optischen Befund und die DTA-Ergebnisse vergleicht, dann ergibt sich, daß der Montmorillonit mit endothermer Reaktion zwischen 500-600°C sehr oft Zersetzungsübergänge zu Glas in den Aggregaten zeigt, während Montmorillonit mit endothermer Reaktion zwischen 600-700°C durchweg feinkristallin ist.

Beidellit und Nontronit, die ebenfalls ihre endotherme Hauptreaktion zwischen 500-600°C zeigen, liegen nach den Ergebnissen der chemischen und optischen Untersuchungen nicht vor.

Es könnte sein, daß Montmorillonit mit einfacher endothermer Hauptreaktion bei 500-600°C in den gröberen Fraktionen nicht kristallisiert ist. Nach DUNNING und PERTHSHIRE (MACKENZIE 1957, S. 256-257) zeigen anomale Montmorillonite mit unregelmäßiger Kristallstruktur eine endotherme Hauptreaktion zwischen 500-600°C. Die doppelte endotherme Reaktion könnte dann durch ein Gemisch von normalem und anomalem Montmorillonit hervorgerufen sein.

Teilweise könnte die endotherme Reaktion zwischen 500-600°C auch von Illit oder Kaolin herrühren, die in den meisten Proben vorhanden sind.

700-1000°C: Montmorillonit ist hier durch eine endotherme Reaktion um etwa 880°C und eine exotherme Reaktion um etwa 900°C charakterisiert. Sehr bemerkenswert ist jedoch der Unterschied in der Größe von entsprechenden Reaktionen in verschiedenen Proben. Zum Vergleich sind einige charakteristische DTA-Kurven und entsprechende chemische Analysen in Abb. 4 und Tabelle 1 dargestellt. Danach ergibt sich, daß eine Vergrößerung des endothermen Peaks jeweils ohne Ausnahme mit zunehmendem Mg-Gehalt zusammenhängt, wie es bereits von PAGE (1943) angegeben wurde. J.W. EARLY, I.H. MILNE und Mc. WEAH (1953) deuten solche Unterschiede jedoch entweder durch eine Anwesenheit von diskreten (OH)-Gruppen zwischen den Tetraeder-Schichten, wie die schon EDELMANN & FAVEJEE (1940) und Mc. CONNEL (1950) annahmen, oder auch durch Verunreinigungen mit Wasser-Gehalten. Nach BARSHAD (1948, 1950) bestimmt aber die Art der austauschbaren Kationen den Grad der Gitterdehnung und den Grad der Hydration; nach ihm werden mit zunehmendem Mg-Gehalt die Reaktionen

größer, womit die Befunde dieser Arbeit übereinstimmen.

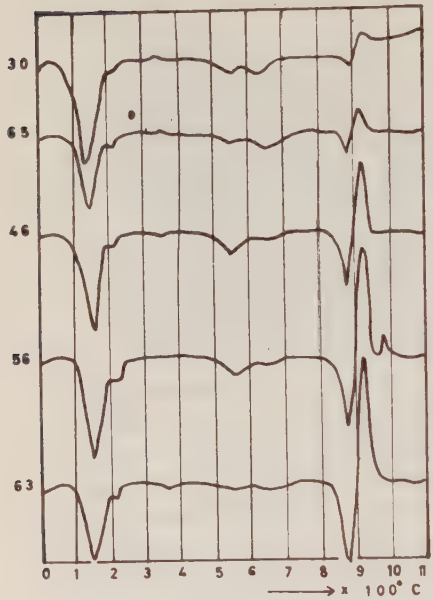

Abb. 4: Charakteristische DTA-Kurven verschiedener Montmorillonite jeweils Fraktion <0,6-µm.

Probe Nr. Korngröße	30 <0,6	65 <0,6	46 <0,6	56 <0,6	63 <0,6 µm
SiO_2	57,9	60,7	52,5	54,2	52,9
TiO_2	2,2	1,0	1,2	1,8	1,1
Al_2O_3	15,4	16,1	15,9	15,5	14,0
Fe_2O_3	10,7	6,7	10,7	7,5	5,6
MnO	0,02	0,02	0,1	0,07	0,1
MgO	3,5	4,1	7,1	8,4	10,7
CaO	2,4	1,9	3,1	2,1	5,3
Na_2O	-	0,3	-	-	-
K_2O	-	-	-	-	0,5
H_2O^+	7,9	9,2	9,4	10,4	9,8

Werte auf 100 % umgerechnet.

Tabelle Nr. 1: Chemische Analyse der Proben von Abb. 4.

b) Prochlorit.

Die Korngröße dieser besonders am Oeleberg beobachteten Chlorite ist sehr verschieden. Für Glieder der Prochlorit-Reihe spricht z.B. die hohe Lichtbrechung von 1,62 und die niedrige Doppelbrechung (oft fast 0).

c) Pennin-Gruppe.

Neben Prochloriten treten in Oberwiddersheim Mineralien der Pennin-Gruppe auf, deren Lichtbrechung bei 1,575 liegt, bei deutlichem Pleochroismus.

Die Chlorite, die nur in sehr geringer Menge vorhanden sind, besitzen die kennzeichnende 14 Å-Interferenz, die nach Glyzerinbehandlung unverändert bleibt. Weil aber die 001-, 002 und 005-Reflexe normalerweise sehr schwach ausgebildet sind und die 002-Linie um 7 Å und die 003-Linie um etwa 5 Å mit dem 001-Reflex von Kaolin und dem 002-Reflex von Illit zusammenfallen, wurden die Proben bis 450°C und 550°C aufgeheizt und wieder untersucht. Nach 550°C sind praktisch alle Chlorit- und Kaolin-Reflexe verschwunden, während nach 450°C eine sehr deutliche Intensitätsabnahme sedimentär gebildeten Chlorits anzeigt. (Bei metamorph gebildeten Chloriten werden die Reflexe nach Aufheizen auf 550°C sogar verschärft).

d) Kaolin-Mineral.

Wesentliche Mengen von Kaolin treten nur in fünf Proben auf, von denen zwei näher beschrieben werden (Nr. 77 und Nr. 39, letztere siehe S. 28).

Die Probe Nr. 77 besteht überwiegend aus Kaolin, der sehr oft bis über 200 um große Aggregate bildet. Er ist mit einer mittleren Lichtbrechung um etwa 1,560 fast farblos und sehr feinkristallin. Nach den DTA-Kurven mit einem endothermen Peak um 100°C - sehr deutlich auch in der Fraktion von 60-20 um (Abb. 5), wo der Montmorillonit praktisch fehlt - zeigt dieses Mineral metahalloysitischen Charakter; gut kristallisierter Kaolin sollte keinen exothermen Peak um etwa 100°C zeigen. Im Gegensatz zu Fireclay liegt die exotherme Reaktion über 950°C.

Die DTA-Diagnose von Metahalloysit oder schlecht kristallisiertem Kaolin wird auch durch Röntgen-Aufnahmen bekräftigt, in denen die 001- und 002-Interferenzen um 7,15 Å und 3,56 Å charakteristisch breit und diffus sind.

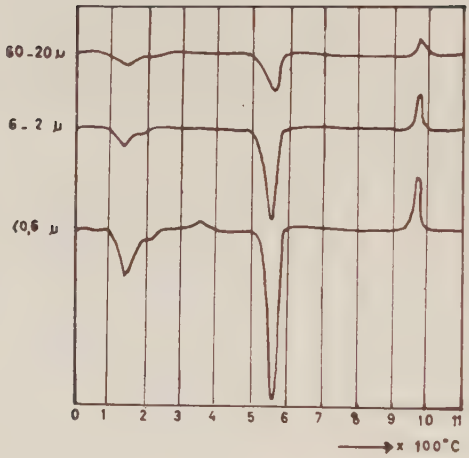

Abb. 5: Charakteristische DTA-Kurven der Probe Nr. 77.

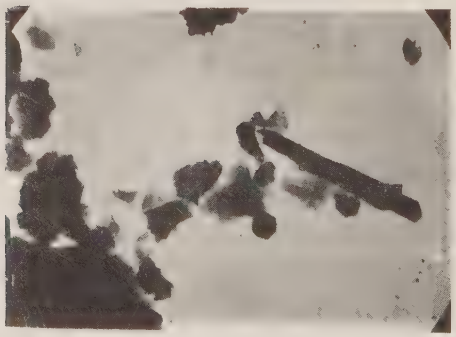

Abb. 6: Elektronenmikroskopische Aufnahme der Probe Nr. 77.
Fraktion $<$ 0,6 µm
Vergr. 15000:1

Das Kaolin-Mineral, das in sehr kleiner Menge in einigen anderen Proben meist unter 6 µm vertreten ist, wurde aufgrund der 7 Å-Interferenz in bis 450°C aufgeheizten Proben identifiziert. In solchen Proben konnten keine für Kaolin-Minerale charakteristischen Reaktionen in der DTA-Aufnahme beobachtet werden, was an den geringen Mengen liegen mag, oder an der Koinzidenz der Hauptreaktion zwischen 500-600°C mit denen des Montmorillonits. Eine exotherme Reaktion bei 980°C fehlt völlig.

Im Elektronen-Mikroskop erscheint Kaolin meistens flockenförmig, selten mit gut kristallisierter hexagonaler Form. Der längliche Kristall (Röllchen ?) in Abb. 6 dürfte Metahalloysit oder evtl. Halloysit sein.

e) Illit.

Illit, der in verschiedenen Proben in wechselnder Menge vorkommt. ist von dioktaedrischem Typ. Die Intensität seiner 001- und 002-Interferenzen um 10 Å und 5 Å ist fast gleich, im Gegensatz zum trioktaedrischen Typ, bei dem die 002-Interferenz nach NAGELSCHMIDT (1937) sehr schwach ausgebildet ist.

f) Unregelmäßige Illit-Montmorillonit-Wechsellagerung.

In Probe Nr. 36 deutet die Anwesenheit eines diffusen, breiten Bands um 10-11.5 Å, dessen einer Rand bis 13 Å nach Behandlung mit Glyzerin quillt, nach der von WEAVER (1956) angegebenen Tabelle das Vorhandensein eines mixed-layer-Minerals mit etwa 30 % quellbaren Schichten an.

g) Zeolithe.

Analcim oder Natrolith: Bei einer Lichtbrechung um 1,48 farblos und sehr schwach doppelbrechend bis fast isotrop (Oberwiddersheim).

Chabasit ist selten, farblos und sehr schwach doppelbrechend. Die Lichtbrechung liegt um etwa 1,490 (Oeleberg).

h) Calcit.

Mit Ausnahme von Probe Nr. 71 ein seltener Gemengteil. Die meisten Proben sind völlig frei davon.

i) Dolomit.

In Probe Nr. 71, wo die Karbonatmineralien mehr als 80 % der gesamten Probe ausmachen, ist Dolomit, in gut ausgebildeten Rhomboedern, auf die gröberen Korngrößenklassen beschränkt. Zusätzlich wurde er durch Anfärbe-Methoden und Bestimmung der Brechzahl identifiziert.

3.3. Fremdkomponenten:

a) Basalt-Einschlüsse. (Vgl. S. 7 u. 8)

b) Quarz.

Bei einer mittleren Lichtbrechung um 1.547 ist er scharfkantig bis sehr selten subangular. Obwohl er sehr häufig ist, findet man nicht oft spezifische Korrosionsoberflächen oder Reaktionsränder. Ausgesprochen selten sind idiomorph ausgebildete Kristalle mit beiderseitigen Rhomboederflächen.

Obgleich in allen Proben Quarz vorhanden ist, ist seine endotherme Reaktion bei 573°C in den DTA-Kurven kaum zu beobachten, wenn weniger als 10 % vorhanden sind, wie dies in den feinen Fraktionen der Fall ist. In Dilatometerkurven wird die α -β-Umwandlung des Quarzes von der gleichzeitigen Montmorillonit-Schwindung überdeckt, ist aber im Abkühlungsteil der Kurve sehr gut erkennbar.

4. Die Ergebnisse der Untersuchung einiger Vorkommen und Profile.

Die Korngrößenverteilung und der Mineralbestand werden in den Tab. 8, 9, 10, 11 und 12 wiedergegeben (Anhang).

4.1. Die Tuffe vom Steinbruch Oeleberg bei Großenbuseck.

Das Tufflager im Basaltsteinbruch steht unmittelbar hinter und über dem Basalt in der Südwand des Steinbruchs an. Die Wand an der Südwestseite hat eine Höhe von etwa 10 m und an der Nordwestseite von 3-5 m. In der Baugrube vor dem Brecher sind die Tuffe sattelförmig aufgepreßt. Die Tuffe des Oelebergs sind nach SCHENK (frdl. mündl. Mitt.) die ältesten des Vogelsberggebietes.

In der Kontaktzone zwischen dem Basalt und den Tuffen sind diese in einer 4-5 cm breiten Zone dunkelviolettbraun gefärbt.

In Abb. 7 sind die Korngrößenverteilung und der Mineralbestand für einige repräsentative Proben graphisch dargestellt.

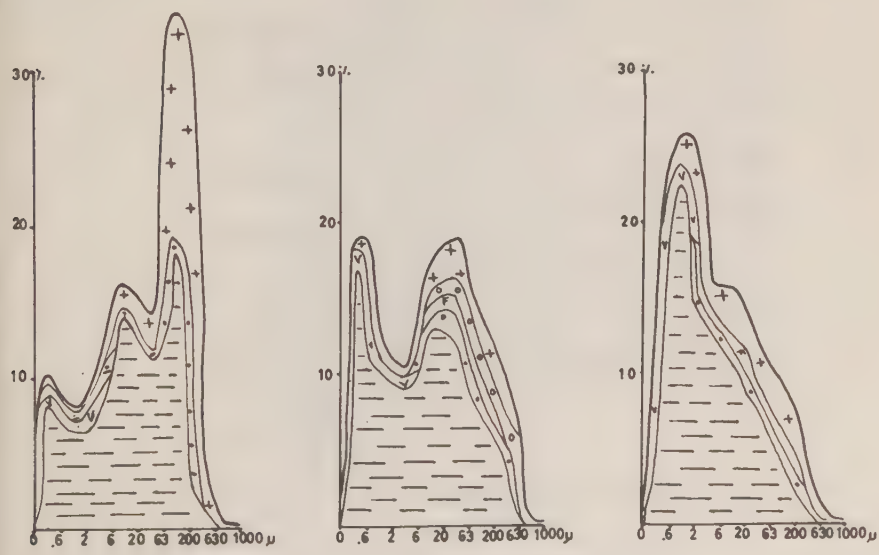

Abb. 7: Korngrößenverteilung und Mineralbestand der Proben Nr. 17, 26 und 9 (von links nach rechts).

Die meisten Proben, deren Zusammensetzung im einzelnen in Tabelle 8 aufgeführt ist, zeigen zwei Korngrößen-Maxima, nämlich unter 6 µm und zwischen 6-200 µm, während die Kurven in einigen Fällen drei Maxima zeigen. Die Maxima zwischen 6 und 200 µm treten bei Vorherrschaft von Pyroxenen und Fremdkomponenten auf. Montmorin-Aggregate kommen in allen Proben häufig vor und reichen von der Korngröße < 6 µm bis 600 µm

Mit abnehmender Korngröße zeigen alle Proben eine Abnahme der magmatischen und fremden Komponenten und steigende Gehalte an Tonmineralien. Illit und Kaolin sind nur auf die Größenklassen unter 6 µm beschränkt.

Es kann vorkommen, daß Proben mit weit überwiegendem Montmorillonitgehalt bei etwa gleichbleibendem Gehalt an Fremdkomponenten ihr Korngrößenmaximum weit über 6 µm auch unter 6 µm haben.

Mineralbestand: Siehe Abb. 8 und Tabelle 11 und 12 (Anhang).

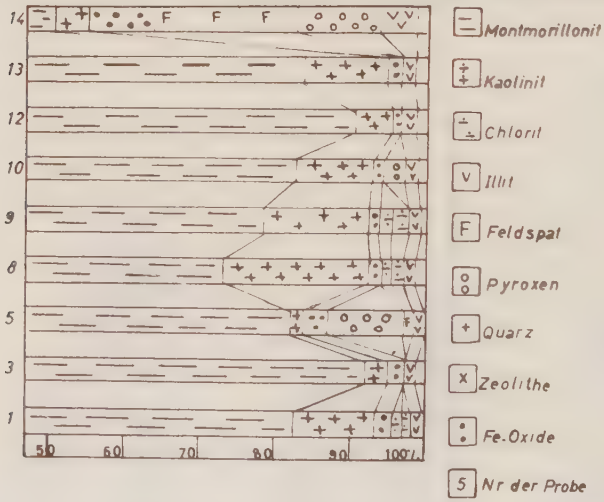

Abb. 8: Mineralbestand im Profil Oeleberg Nr. 1.

Tonminerale: Die Hauptkomponente ist immer Montmorillonit, dazu sehr wenig Illit, Chlorit (Prochlorit) und Kaolin. Der Montmorillonit-Gehalt wechselt in verschiedenen Schichten von 50 bis 90 %.

Magmatische Komponenten: Hauptsächlich Pyroxene und weniger Feldspäte (nur in Probe Nr. 5 und 14 im Profil I und in Nr. 26 im Profil II etwas reichlicher vorhanden) und sehr selten Hornblenden. Das ausschließliche Auftreten von Pyroxenen und Feldspäten in Proben, in denen Lapilli vorhanden sind und ihre mittlere Korngröße führen zum Schluß, daß sie im Falle der Oeleberg-Tuffe meist aus Lapilli stammen. In anderen Proben, wo sie nur in Spuren auftreten, sind sie als "Rest" klassifiziert.

Fremd-Komponenten: Nur Quarz, dessen Gehalt von etwa 1 bis über 20 % wechselt. Der Quarzgehalt scheint sehr unregelmäßig verteilt zu sein, weil die Quarzgehalte der beiden Profile kaum übereinstimmen.

Opakanteil: Die Fe-Oxide sind nach Röntgenanalyse hauptsächlich Hämatit und selten Magnetit.

DTA-Kurven von einigen repräsentativen Proben sind in Abb. 9 dargestellt.

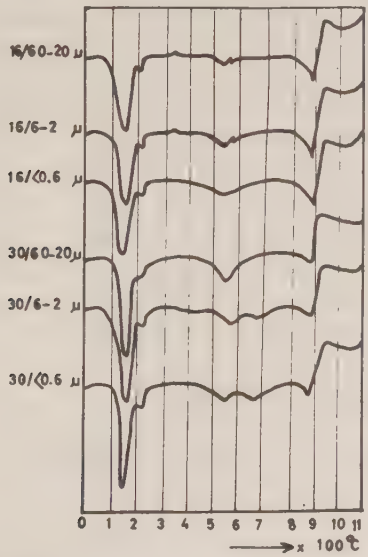

Abb. 9: Charakteristische DTA-Kurven einiger Proben vom Steinbruch Oeleberg.

Die DTA-Kurven werden fast nur durch die Montmorillonitreaktionen charakterisiert.

Die in manchen Fällen auftretende endo- und exotherme Reaktion zwischen 300 und 400°C kann auf Eisenoxide oder organische Substanz zurückgeführt werden.

Dünnschliffe: In der Kontaktzone sind die Tuffe dunkelbraun verfärbt. Sonst sind keine Unterschiede im Mineralbestand der entsprechenden Zonen erkennbar. Die Anwesenheit von etwa 10 % Pyroxen in der Fraktion 60-6 µm (vergl. Tabelle 12), die im Dünnschliff nicht erkennbar sind, könnte durch eine Beimischung eines basaltischen Anteils in dieser Kontaktzone hervorgerufen worden sein.

Chemische Analyse: Die Ergebnisse der chemischen Analysen sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

Probe Nr.	5	5	5	16	26	26	26	30	
Korngr.	60-20	6-2	0,6	0,6	60-20	6-2	0,6	0,6	in µm
SiO_2	47,90	50,00	52,80	54,80	58,30	52,80	50,00	57,90	
TiO_2	2,40	3,20	1,70	1,80	1,70	1,60	1,30	2,20	
Al_2O_3	11,90	12,50	12,10	12,70	11,40	15,00	16,20	15,40	
Fe_2O_3	11,20	12,90	12,90	11,80	10,40	11,10	13,10	10,70	
MnO	0,16	0,17	0,12	0,06	0,13	0,13	0,10	0,02	
MgO	7,30	5,70	5,90	6,80	3,80	4,10	4,70	3,50	
CaO	7,40	4,50	2,70	2,60	3,50	2,60	2,20	2,40	
Na_2O	0,60	--	--	--	1,10	0,80	--	--	
K_2O	0,60	(1,30)	(1,00)	--	0,70	0,60	--	--	
H_2O^+	10,60	9,80	10,80	9,40	9,00	11,30	12,40	7,90	

Werte auf 100 % umgerechnet.

Tabelle 2: Chemische Analysen einiger Tuffe aus dem Steinbruch Oeleberg.

Der zunehmende Gehalt von Al_2O_3 und der abnehmende Gehalt von SiO_2 mit abnehmender Korngröße entsprechen dem abnehmenden Fremdquarz-Anteil und den zunehmenden Tonmineralien. Sonst zeigt der Al_2O_3-Gehalt, der in verschiedenen Proben zwischen 12-16 % wechselt, keine wesentlichen Schwankungen.

Der SiO_2-Gehalt bleibt nach Abrechnung von Fremdquarz besonders in den kleineren Fraktionen, die fast ausschließlich aus Montmorillonit bestehen (wasserfrei berechnet), stets bei etwa 53-57 %. Da der SiO_2-Gehalt in den saueren Basalten ("Trapp") ungefähr diesem Wert entspricht, fand wahrscheinlich bei der Umwandlung der Gläser keine Wegführung von Kieselsäure statt. Die Gläser könnten deshalb den Trappen, d.h. den Magmen, mit gabbrodioritischer Zusammensetzung entsprochen haben.

Von Probe zu Probe zeigt der MgO-Gehalt in der Fraktion $<0,6\,\mu m$ eine merkwürdige Variation von 3,5 % bis 6,8 %, während CaO fast konstant bleibt (2,2 % bis 2,7 %). Der Einfluß des wechselnden MgO-Gehalts auf die Eigenschaften des Montmorillonits wurde ausführlich auf Seite 11 diskutiert.

4.2. Die Tuffe von Rainrod (Bohrung Nr. 1).

Von der 400 m tiefen Bohrung wurden 5 Tuffproben entnommen, deren Teufenlage aus Tab. 1 zu entnehmen ist.

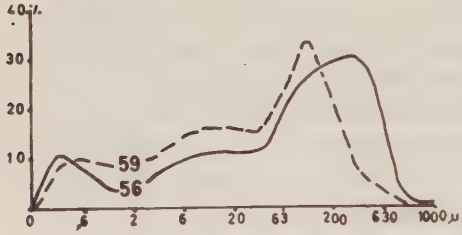

Abb. 10: Korngrößen-Verteilungskurven der Proben 56 und 59 (Bohrung Rainrod).

Die in Abb. 10 gegebenen Korngrößen-Verteilungskurven der Proben 56 und 59 sind sehr ähnlich. In Probe 56 sind neben vorherrschendem Montmorillonit sehr wenig Kaolin und Illit, etwa 12 % Augit, wenige Hornblenden sowie 2 % Quarz und Fe-Oxide vorhanden. Obwohl der Montmorillonit auch in Probe 59 das Hauptmineral darstellt, ist hier Kaolin nur in Spuren vorhanden und statt des Pyroxens treten etwa 4 % Biotit auf, teilweise mit über 4 mm Durchmesser.

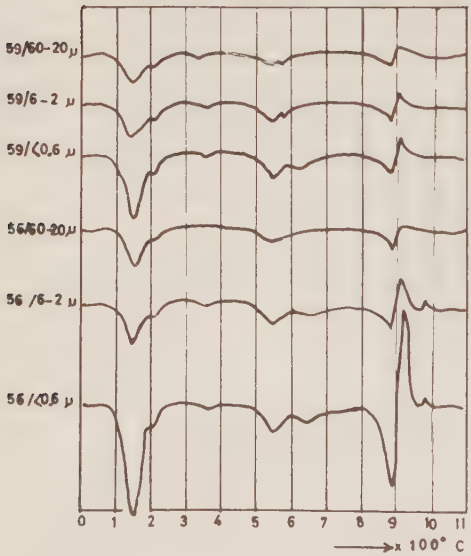

Abb. 11: DTA-Kurven der Proben 56 und 59.

Charakteristische DTA-Kurven sind in Abb. 11 dargestellt. Obwohl das vorherrschende Tonmineral in beiden Horizonten Montmorillonit ist, sind die Unterschiede im Temperaturbereich 880-920°C bemerkenswert, die Peaks (endo- und exotherm) sind bei Probe Nr. 56 viel größer. Die wahrscheinlichen Gründe für diese Unterschiede sind auf Seite 11 diskutiert.

Röntgenographische und optische Untersuchungen zeigen, daß beide Horizonte aus Montmorillonit, sehr wenig Kaolin, dioktaedrischem Illit und Hämatit bestehen.

Die hellgrau-grünen Schichten innerhalb der braunen Tuffe (Probe Nr. 59, vgl. Tab. 1) enthalten etwa 12 % Magnetit, welcher in der braunen Zone fast nicht vorhanden ist. Sonst zeigen die hellgrau-grünen und braunen Schichten fast den gleichen Mineralbestand.

Von etwas verfestigten Proben aus der gleichen Bohrung wurden 3 Dünnschliffe hergestellt. Die Probe Nr. 55 (52,1-53 m Teufe) zeigt etwa 8-10 % Augit und etwas Biotit mit 3-4 % eckigem Quarz in sehr feinkristalliner dunkelbrauner Montmorillonit-Grundmasse. Eingeschlossen in diese Tuffe findet man einige Feldspat-Lapilli, die aus über 90 % sehr feinem Plagioklas und etwa 10 % Pyroxen (Augit) und Magnetit bestehen.

Die Probe Nr. 57 (89,2 m Teufe) besteht aus Einzelkristallen von Hornblende, Augit, Aegirinaugit und Magnetit, die in einer sehr feinkörnigen, hellgrauen, tonigen Grundmasse unregelmäßig verteilt sind. Genetisch interessant sind hier einige zerbrochene große Hornblenden. Obwohl der glasige Anteil völlig zu Montmorillonit zersetzt ist, sind alle magmatischen Mineralien fast frisch erhalten geblieben.

Die Probe 58 (200-200-1 m Teufe) zeigt genetisch bedeutsame Einzelheiten. Als Bestandteile dieses blasenreichen und weitgehend montmorillonitisierten Tuffs erscheinen noch zahlreiche unzersetzte Pyroxene und sehr selten Plagioklas. Olivine sind nur noch nach dem Umriß als Pseudomorphosen von Montmorillonit nach Olivin erkennbar. Dieses Pseudomorphosen-Material, gelegentliche Rißfüllungen und die Grundmasse, die im wesentlichen gleicher Art sind, sind farblos bis leicht braun. Die mittlere Lichtbrechung dieses Montmorillonits liegt um 1,50-1,52. Röntgenographisch ist er charakterisiert durch seine 001-Interferenz um 15 Å, die nach Glyzerinbehandlung bis 18 Å quillt.

Diese Befunde führen zum Schluß, daß der Montmorillonit hier zum Teil diagenetisch aus Lösungen in den Rissen und Hohlräumen ausgeschieden worden ist.

	56	59
SiO_2	54,20	52,70
TiO_2	1,80	3,30
Al_2O_3	15,50	15,70
Fe_2O_3	7,50	12,90
MnO	0,07	0,07
MgO	8,40	3,30
CaO	2,10	3,20
Na_2O	--	--
K_2O	--	--
H_2O^+	10,50	8,90

Werte auf 100 % umgerechnet.

Tabelle 3: Chemische Analyse der Probe Nr. 56 und 59, Fraktion $<0,6$ µm.

Chemische Analyse: Die Ergebnisse der chemischen Analysen (Probe 56 u. 59) von den Fraktionen $<0,6$ µm, die fast den gleichen Mineralbestand, aber merkwürdige Unterschiede in den DTA-Kurven im Bereich 850-920°C aufweisen, sind in Tabelle Nr. 3 gegeben. Danach zeigt sich in Probe 56 eine deutliche Verminderung von TiO_2, Fe_2O_3 und CaO gegenüber Probe 59, während der MgO-Gehalt mit 5,1 % und der Glühverlust mit 1,6 % höher sind.

4.3. Die Tuffe vom Steinbruch Herbstein (Probe Nr. 75 und 76).

Es kommen im Bruch dunkelrote Tuffe vor, die unter dem Basalt liegen. Am Kontakt sind sie bis zu etwa 4-5 cm Abstand dunkelviolett gefärbt.

Die dunkelroten Tuffe bestehen aus zahlreichen Pyroxenen (Augiten), etwas eckigem Quarz und selten zersetzten Plagioklasen, die in sehr feinkörniger, rot gefärbter, toniger Grundmasse unregelmäßig verteilt sind. Glasreste, reich an elliptischen Blasen, leicht braun gefärbt, mit Mikrolithen von Augit sind an einigen Stellen erkennbar. Man findet hier alle Übergänge der Zersetzung von Glas zu sehr feinkörnigem, tonigen Material. Einige Blasen, gefüllt mit fast farblosem tonigem Material in unverwitterten glasigen Partien beweisen diagenetische Wanderung in kolloidalen Lösungen.

Im Vergleich zeigt die Kontaktzone wie im Falle des Oelebergs keine bemerkenswerten Unterschiede. Die Tuffe sehen hier nur im Dünnschliff etwas dunkler braun aus.

Nach DTA und Röntgen-Analyse besteht die tonige Grundmasse hauptsächlich aus Montmorillonit und sehr wenig Kaolin, wobei letzterer nur unter 0,6 µm erkennbar ist. Das rot färbende Material ist nur Hämatit.

4. Die Tuffe von Nidda (Bohrung 11, Probe Nr. 53).

Abb. 12: Lage der Probe Nr. 53 und der braunen Zone im Bohrprofil Nidda Nr. 11.

Hier ist ein 1,40 Meter mächtiger Tuffhorizont zwischen zwei Basaltergußdecken eingeschaltet. Diese gelbgrauen Tuffe, die an der Sohle brecciös (Basaltfragmente, vgl. Seite 7) sind, weisen zwischen 22,25 m und 22,50 m Teufe (vgl. Abb. 12) eine dunkelbraun gefärbte Zone auf.

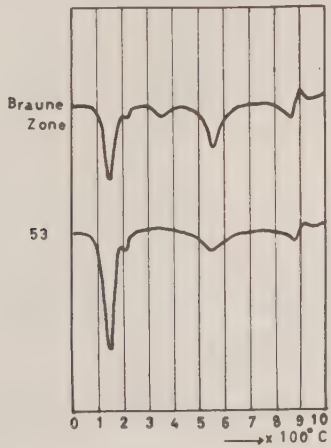

Abb. 13: Charakteristische DTA-Kurven.

Die DTA-Kurven der gelbgrauen und der dunkelbraunen Zone sind in Abb. 13 dargestellt.

Mineralbestand: Montmorillonit ist die Haupt-Tonkomponente; in der braunen Zone sind etwas mehr Kaolin und Hämatit vorhanden. Eckiger Quarz und Pyroxen sind sehr selten. Sie sind in der tonigen Grundmasse unregelmäßig verteilt. Die Pyroxene sind frisch. Optisch zeigt der Montmorillonit des gelblichen Teils mit seiner mittleren Lichtbrechung um 1,542 sehr oft diagenetische Textur und Übergänge zu zersetztem Glas, wobei sphärolithische und blasige Füllungen auftreten. Dagegen zeigt die braune Zone keine diagenetischen Texturen. Oft findet man in dieser Zone Reste von gelblichen Tuffen, die darauf hindeuten, daß die braune Zone aus diesen entstanden ist.

4.5. Die Tuffe vom Steinbruch Oberwiddersheim.

Nach SCHENK (1964, S 15) bilden die Tuffe das Liegende des relativ sauren Basaltes des Obersten Gildenwaldes. Im Hangendsten des Steinbruchs Nickel haben sie eine Mächtigkeit von 10-20 Metern. Sie sind gut geschichtet, aber in den obersten Metern (Probe Nr. 39) sind die Schichten umgelagert. Als Einschlüsse von Nußgröße bis zu über kubikmetergroßen Massen sind sie auch im Basalt zu beobachten (Probe Nr. 41).

Korngrößenverteilung und Mineralbestand (siehe Abb. 14 und 15):

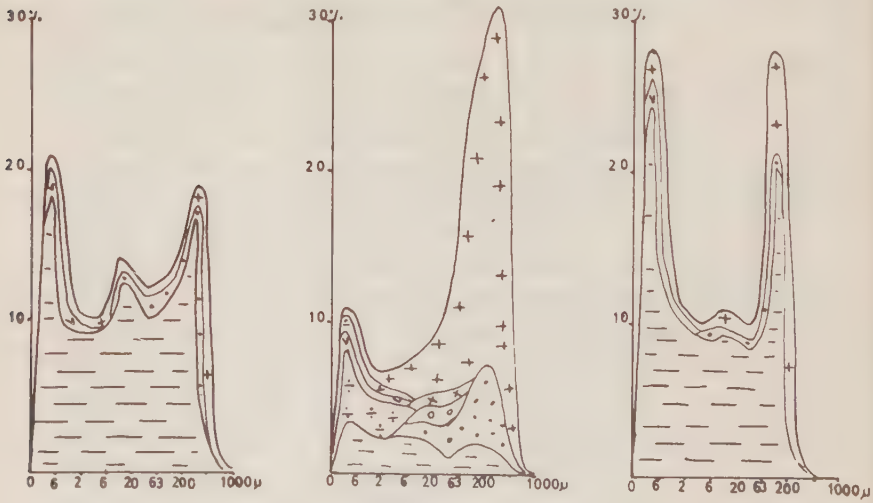

Abb. 14: Korngrößenverteilung von Tuffen vom Steinbruch Oberwiddersheim, in Abhängigkeit vom Mineralbestand (Proben Nr. 40, 39 und 41, von links nach rechts). Zeichenerläuterung bei Abb. 8.

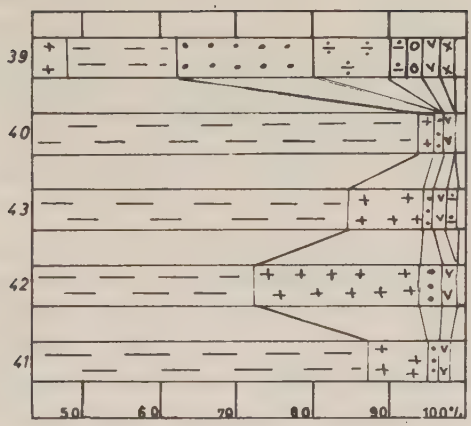

Abb. 15: Mineralbestand der Proben aus dem Steinbruch Oberwiddersheim. Zeichenerläuterung bei Abb. 8.

Alle Tuffproben bestehen aus etwa 40-50 % Anteilen unter 6 µm (mit Ausnahme von Probe Nr. 39) und zeigen große Ähnlichkeit mit den Oeleberg-Tuffen, nämlich 75-90 % Montmorillonit als Haupttonmineral und sehr wenig dioktaedrischen Illit, Kaolin und Chlorit. Dagegen zeigen die braunen Tuffe (Probe Nr. 39) des obersten, umgelagerten Horizonts einen sehr hohen Quarzgehalt von etwa 50 % und eine Anreicherung von Kaolin (Fireclay). Montmorillonit ist hier nur mit bis zu 13 % vertreten. Zu den hier auftretenden rhombischen Pyroxenen und Zeolithen vergl. S. 15.

DTA (siehe Abb. 16):

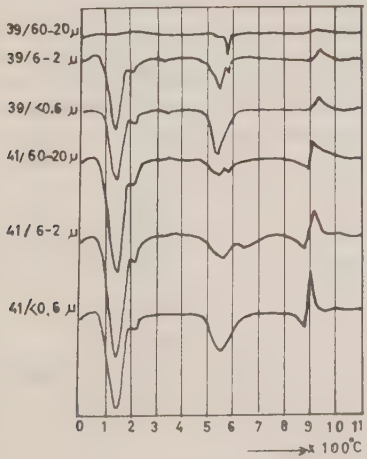

Abb. 16: Charakteristische DTA-Kurven einiger Tuffproben vom Steinbruch Oberwiddersheim.

Nach den DTA-Kurven sind zwei charakteristische Typen in diesen Tuften zu unterscheiden. Die montmorillonit-führenden Schichten sind sehr ähnlich denen des Oeleberges. In Probe Nr. 39 sind in den Fraktionen über 6 um nur die Reaktionen von Quarz erkennbar. In den feineren Fraktionen entspricht nach der Form der DTA-Kurven das Kaolinmineral dem Fireclay, wobei die exotherme Reaktion unter 950°C liegt.

Eine endotherme Montmorillonit-Reaktion um 900°C ist hier nicht erkennbar.

Chemische Analysen: sind in Tabelle Nr. 4 wiedergegeben.

Probe Nr.	39	39	39	39	41	40	43
Korngröße	ges.	60-20	6-2	<0,6	<0,6	ges.	ges. in µm
SiO_2	77,90	84,20	54,40	44,90	59,40	53,20	62,20
TiO_2	1,00	1,10	1,90	1,10	2,00	3,20	2,60
Al_2O_3	7,50	5,90	21,50	24,10	14,00	15,00	14,00
Fe_2O_3	4,70	4,20	11,80	11,20	11,00	13,80	9,30
MnO	0,04	0,13	0,30	0,17	0,02	0,06	0,02
MgO	0,60	0,50	1,80	1,90	3,30	2,80	1,60
CaO	0,60	0,40	1,10	1,20	2,50	2,80	1,90
Na_2O	0,50	(1,30)	(1,30)	(0,50)	--	--	--
K_2O	(1,10)	(0,50)	(1,90)	(1,60)	--	--	--
H_2O^+	6,10	1,80	4,00	13,40	7,80	9,20	8,40

Tabelle Nr. 4: Chemische Analysen einiger Tuffproben vom Steinbruch Oberwiddersheim.

Während alle Proben fast gleiche Zusammensetzung wie die Oeleberg-Analysen aufweisen, zeigt die umgelagerte Probe Nr. 39 in der Fraktion <0,6 um eine bemerkenswerte Anreicherung von Al_2O_3 bis 24 % und eine Abnahme im MgO- und CaO-Gehalt, was darauf hindeutet, daß diese Probe durch eine lateritische Verwitterung (Bodenbildung) verändert worden ist. Wegen der Überlagerung durch den Basalt dürfte diese Verwitterung schon im Tertiär erfolgt sein.

Die Tuffe von Staden (Bohrung 26, Probe Nr. 77).

Die Probe ist in 24 Meter Teufe aus einem dunkelgrauen Tuff-Horizont entnommen, der über Basalt abgelagert ist.

Korngrößenverteilung und Mineralbestand (vgl. Tab. 10):
Bei etwa 23 % Anteilen unter 6 µm herrscht hier Kaolin vor, welcher über 65 % der gesamten Probe ausmacht. Andere Minerale sind Montmorillonit, Magnetit, Hämatit und Quarz. Das Kaolin-Mineral bildet hier sehr oft bis über 200 um große Aggregate (vgl. Seite 13).

Optik: Im Gegensatz zu den montmorillonitführenden Tuffen, wo alle Übergänge von zersetztem Glas zu Montmorillonit festgestellt werden konnten, ist in diesem Tuff anscheinend statt des Montmorillonits der Kaolin direkt aus Glas entstanden.

In den Korngrößen-Fraktionen über 60 µm findet man oft etwa rundliche braune Reste, die teilweise in Kaolin zersetzt sind. Der Kaolin mit einer mittleren Lichtbrechung um etwa 1,560 ist fast farblos und sehr fein kristallin. Pyroxene sind sehr selten in Glas eingeschlossen und dann immer frisch. In einigen Glasresten kommen völlig zersetzte Feldspatleisten vor.

In den Korngrößenklassen über 60 um sind die Fe-Oxide hauptsächlich Magnetit; nimmt sein Anteil mit abnehmender Korngröße ab, dann geht die dunkelgraue Farbe in eine sehr hellbraune Farbe über. Selten sind einige eckige Quarze und Calcit.

Die Ergebnisse einer chemischen Analyse sind in Tabelle 5 wiedergegeben.

	Probe Nr. 77
SiO_2	45,40
TiO_2	1,00
Al_2O_3	28,20
Fe_2O_3	10,40
MnO	0,04
MgO	0,60
CaO	0,60
Na_2O	--
K_2O	--
H_2O^+	13,30
Summe	100,00

Tabelle 5: Chemische Analyse der Tuffprobe Nr. 77 von Staden, Fraktion $<$ 0,6 µm.

Diese Tuffe zeigen eine starke Anreicherung im Al_2O_3-Gehalt, wenn man sie mit den Montmorillonit-Tuffen vergleicht. Nimmt man basaltisches Glas als die Ausgangssubstanz an - obwohl es kein frisches Glas in diesen Tuffen gibt -, dann ergibt sich, daß während der Zersetzung von Glas zu Kaolin eine starke Anreicherung an Al_2O_3 stattgefunden haben muß, während die Kationen Ca^{++} und Mg^{++} weitgehend weggeführt worden sind; es würde also ebenfalls wieder eine lateritische Verwitterung vorliegen.

4.7. Die Tuffe vom Steinbruch Traislumda:

Hier lagern 3 bis 4 Meter mächtige Tuffe (Probe Nr. 36 und 37) einem Basalt auf, die ihrerseits von einer etwa 2 Meter starken Lehmzone mit Quarzgeröllen überlagert werden (nicht näher untersucht).

Kornaufbau und Mineralbestand: Korngrößenverteilungs-Kurven sind in Abb. 17 dargestellt.

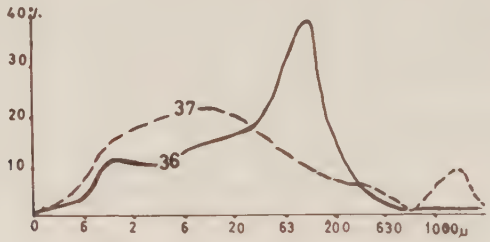

Abb. 17: Korngrößenverteilungs-Kurven der Tuffproben vom Steinbruch Traislumda.

Diese Tuffe sind durch einen sehr hohen Quarzgehalt bis 68 % charakterisiert. In Probe Nr. 36 ist Montmorillonit, ein unregelmäßiges Wechsellagerungsmineral Montmorillonit-Illit, und wenig Illit und Kaolin vorhanden, während in Probe Nr. 37 stattdessen Kaolin mit wenig Montmorillonit und Illit auftritt, wobei alle Tonminerale auf die Fraktion unter 6 µm beschränkt bleiben. Sehr selten trifft man einige Pyroxene und Hornblende an, deren Eigenschaften nicht weiter untersucht wurden.

Die DTA-Kurven, die in Abb. 18 dargestellt sind, zeigen deutlich die Vorherrschaft von Quarz und seine Abnahme im Gehalt zugunsten des Tonmineralgehaltes mit abnehmender Korngröße.

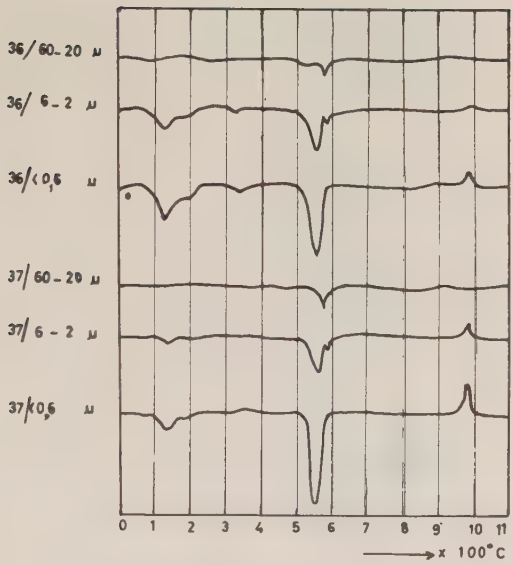

Abb. 18: DTA-Kurven der Proben aus dem Steinbruch Traislumda.

Röntgenographisch sind die auftretenden Kaolin-Interferenzen merkwürdig scharf im Vergleich zu den Interferenzen der Kaolin-Minerale in Bohrung 26 (Probe Nr. 77).

4.8. Die Tuffe von Wohnbach (Bohrung 28, Probe Nr. 70 und 71).

Die exakte Lage der Tuffe und ihre Beziehung zum Basalt sind in Abb. 19 angegeben.

Abb. 19: Lage der Proben Nr. 70 und 71 im Profil der Bohrung 28 (Wohnbach).

Mineralbestand: Bemerkenswert sind die Unterschiede zwischen beiden Horizonten. Während die braunen Tuffe (Probe Nr 70) über 50 % Quarz, kein Karbonat und Montmorillonit als tonige Hauptkomponente enthalten, sind die grauen Schichten (Probe Nr 71) als Süßwasserkalk mit Tuffkomponente zu bezeichnen, da sie aus über 75 % Calcit, unter 10 % Dolomit, wenig Quarz, Montmorillonit, Kaolin und Illit bestehen.

Die DTA-Kurven sind in Abb. 20 dargestellt. Während die DTA-Kurven von Probe Nr. 70 deutlich die Reaktionen von Quarz und Montmorillonit zeigen, sind die von Nr. 71 über 6 µm nur durch die Reaktionen der Karbonatminerale charakterisiert. Unter 6 µm zeigen sie eine Abnahme der Karbonatminerale und eine Zunahme der Tonminerale mit abnehmender Korngröße.

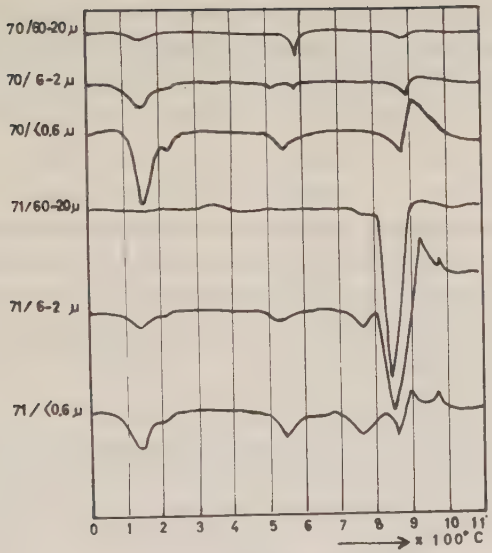

Abb. 20: DTA-Kurven der Proben Nr. 70 und 71.

Optik: Der Montmorillonit (Probe Nr. 70) ist meist braun gefärbt mit nur etwa 5 % farblosen Körnern. Um einige Stellen findet man rotgefärbte Reste in farblosen Montmorillonit-Aggregaten, als ob der färbende Hämatit später weggelöst wäre. Fast frisches Glas mit mittlerer Lichtbrechung um 1,55 ist nur in Probe Nr. 71 vorhanden. Pyroxene fehlen mit Ausnahme einiger Mikrolithe in Glasanteil.

Dünnschliff (Probe Nr. 71): Interessant sind die zahlreichen Schnecken-Gehäuse in fein kristalliner, hauptsächlich calcitischer Grundmasse. Die Quarze, die in unregelmäßiger Verteilung in der Grundmasse vorkommen, mit Anreicherung in einigen Teilen, dienen zum Teil als Kern von Ooiden.

5. Zusammenfassung der Analyse des Stoffbestandes.

Nach der Korngrößenverteilung: (Tabelle S. 50/51)

Die Übersicht zeigt, daß fast alle Tuffproben aus einer unsortierten Masse von Aschen- und Staub-Tuffen bestehen, mit Ausnahme derjenigen vom Traislumda-Steinbruch, wo Quarzfragmente über 4 mm häufig sind. Sonst sind sie alle ähnlich, ohne eine Beschränkung einer besonderen Größenklasse auf ein besonderes Vorkommen.

Nach dem Mineralbestand:

Obwohl die Tuffe keine Gliederung nach magmatischen Komponenten zulassen, zeigen sie doch Unterschiede im Tonmineral-Gehalt. Es lassen sich unterscheiden:

1. Montmorillonit-führende Tuffe (bentonitisch), mit sehr wenig Illit, Chlorit und Kaolin. Zu dieser Gruppe gehören fast alle Vorkommen mit Ausnahme von etwa 4 % der untersuchten Proben.

2. Kaolin-reiche Tuffe (Gebiet von Hungen und Schotten) mit sehr wenig Montmorillonit und Illit. Hier handelt es sich ziemlich sicher um Produkte einer tertiären Verwitterung. Nach WIRTZ (1965) kann die tertiäre lateritische Verwitterung zum Teil in den oberen Horizonten der fossilen Bodenprofile bis zur Bildung von Gibbsit (Hydrargillit) führen; solche Proben sind in der vorliegenden Arbeit nicht angetroffen worden.

3. Tuffiger Kalkstein und Tuffe mit Kalkanteil.
   a) Süßwasserkalke: über 80 % aus Calcit und Dolomit bestehend; der tuffige Charakter ist nur durch anwesendes Glas und zusätzlich etwas eckigem Quarz erkennbar.

   b) Kalkige Tuffe: Sie gehören zum montmorillonit-führenden Typ mit sekundärem Calcit (vergl. 4.8.).

6. Zur Genese der untersuchten Tuffe des Vogelsbergs.

Zum Chemismus der tuffliefernden Basaltmagmen:

Die Frage nach dem chemischen oder petrographischen Typus des tuffliefernden Magmas zu behandeln, ist nur möglich unter Heranziehung des juvenilen (magmatischen) Anteils der Tuffe.

Der ehemalige Hauptanteil der Tuffe, das Glas, ist leider nur noch durch seltene Reste vertreten. Merkmale des alkali-basaltischen und des tholeiitischen Gesteintyps, wie Feldspatreichtum oder Pyroxenknäuel, sind in den juvenilen Anteilen nicht feststellbar. Die vereinzelt auftretenden Pyroxene und Feldspäte oder glasigen Reste erlauben nur den Schluß auf einen basaltischen Charakter des Ausgangsgesteins. Lediglich der Fund von Enstatit mit 5-10 % Fs-Anteil im Tuff von Oberwiddersheim spricht nach den Daten bei ERNST (1964) für eine Herkunft dieses Minerals aus Olivinknollen. Da solche Knollen an Alkalibasalte gebunden sind, würde danach für den Tuff von Oberwiddersheim ein alkali-basaltisches Ausgangsmagma zu vermuten sein. Eine engere Zuordnung der Tuffe zu den verschiedenen Ergußdecken ist auf der Basis dieser Untersuchungen nicht möglich.

Aufgrund der chemischen Analysen und der mineralogischen Ergebnisse beläuft sich der Kieselsäuregehalt der Tuffe wasserfrei berechnet auf etwa 53-57 % (nach Abrechnung von Fremd-Quarz), besonders in den kleineren Fraktionen, die fast ausschließlich aus Montmorillonit bestehen. Der SiO_2-Gehalt des entwässerten Montmorillonits entspricht damit etwa dem eines tholeiitischen Basaltes ("Trapp"). Bei den übrigen Oxiden liegen besonders die Gehalte an Erdalkalien und Alkalien niedriger als im Basalt.

Es ist jedoch sicher, daß man nicht für alle Tuffe ein einheitliches Ausgangsmagma annehmen kann. WIRTZ (1965) hat kürzlich auf S. 32-33 seiner Dissertation quantitative Angaben über den Schwermineralbestand der Sandfraktion der von ihm untersuchten Proben aus fossilen Böden im Vogelsberg gemacht. Da nach seinen Angaben die Bodenprofile alle aus Lockermaterial, vorwiegend Tuffen, entstanden sind, geben die Schwerminerale wichtige Hinweise auf die Ausgangskomponenten. Danach dürfte etwa in seinem Profil I (mit sehr viel Augit sowie Hypersthen und außerdem Feldspat) vermutlich tholeiitisches Magma vorgeherrscht haben, im Profil IX dagegen (mit viel Enstatit und Titanaugit) alkalibasaltisches Magma. Daneben dürfte aber auch - wie die zum Teil hohen Gehalte an Sphen (Titanit),

Zirkon, Rutil und lokal sogar Turmalin zeigen - Material aus granitischem oder metamorphem Fremdmaterial aufgenommen worden sein (vergl. nächsten Abschnitt).

6.2. Zur Frage der Herkunft der Fremdkomponenten.

Der Hauptanteil der Fremdkomponenten ist Quarz, der in fast allen Tuffen vorhanden ist. Einige Vorkommen, insbesondere die Proben Nr. 36 und 37 mit über 65 % und Nr. 39 mit etwa 50 %, weisen einen erstaunlich grossen Anteil an allothigenem Quarz auf. Sonst bleibt in den anderen Proben der Quarzgehalt meist unter 20 %. Die Körner sind meist von eckiger, seltener von subangularer Gestalt. Spezifische Korrosionsoberflächen oder Reaktionsränder sind sehr selten. Auch in der Farbe gibt es keine regionalen Unterschiede. Die Quarze sind meist weißgrau bis hellgrau und frei von Einschlüssen.

Der im Untergrund anstehende Buntsandstein erscheint als Lieferant des Quarzanteils weniger wahrscheinlich als das Tertiär, weil in den Tuffen kein Orthoklas oder Oligoklas feststellbar ist. Allerdings reicht die Kaolinisierung im liegenden Buntsandstein bis in mindestens 120 m Tiefe unter dessen Oberfläche hinab (frdl. mdl. Mitt. von Herrn Dr. Schenk). Buntsandstein weist nach VALETON (1953) und SCHNITZER (1957) 15-20 % Orthoklas und Oligoklas auf. Einige Buntsandstein-Proben aus einer Bohrung bei Wallerhausen (bei Nidda) wurden in dieser Arbeit zum Vergleich untersucht. Neben Quarz als Hauptkomponente bestehen sie aus etwa 15 % von sehr stark kaolinisierten Feldspäten, die sich mit den Fingern leicht zerdrücken lassen. Allenfalls kommt demnach verwitterter Buntsandstein als Lieferant in Frage.

Die in den Tuffen auftretenden Feldspäte sind dagegen Andesin bis Labrador mit 50 ± 5 % Anorthit und treten in frischen, idiomorphen Individuen auf. Ihr Vorkommen in größerer Menge ist stets verknüpft mit dem Auftreten von Pyroxenen und meist mit dem von Lapilli, was zu dem Schluß führt, daß die in den Tuffen vorkommenden Feldspäte vulkanischer Herkunft sind. Authigene Feldspatbildung oder Umbildung der Plagioklase im Tuff sind mit Sicherheit auszuschließen.

Nach SCHENK (frdl. mündl. Mittl.) liegen mächtige tertiäre Lockersedimente unter den Vogelsberg-Basalten. Sie haben eine maximale Mächtigkeit von etwa 150 m im Westen des Vogelsbergs, die zum Zentralgebiet abnimmt und gegen Osten wieder etwas anschwillt. Die untersuchten Tertiär-

sand-Proben aus Bohrung Nr. 1 (Khoden) bestehen hauptsächlich aus weißgrauen bis hellgrauen Quarzkörnchen und enthalten fast keine Feldspäte.

Es ist deshalb wahrscheinlicher, daß der Quarzanteil der Tuffe wesentlich aus tertiären Lockersedimenten stammt. Ein sicherer Schluß ist jedoch nicht möglich; außerdem dürfte das Tertiär ohnehin weitgehend umgelagerten Buntsandstein darstellen. Sonst sind die Fremdkomponenten neben Quarz praktisch nur basaltische Bruchstücke (siehe Seite 7 und 8).

Zur Umwandlung der primären Tuffkomponenten.

1. Die hydrothermale Fazies: Montmorillonit-Tuffe.

Es kann kein Zweifel bestehen, daß der Montmorillonit in den bentonitischen Tuffen aus glasigen Lockerprodukten entstanden ist. In den meisten Proben liegen alle Übergänge von Montmorillonit-Aggregaten zu vulkanischen, basaltischen Glasresten vor. Sehr häufig findet man deutliche sphärolithische Texturen und mit Montmorillonit gefüllte Blasen.

Der größte Teil des Montmorillonits dürfte nach den Beobachtungen von SCHENK (1964) in einer hydrothermalen Spätphase des Vulkanismus und nicht erst durch Verwitterung oder Umbildung aus anderen Tonmineralen entstanden sein. Seine Anwesenheit in Blasen und Rissfüllungen deutet aber auch auf spätere Wanderungen.

2. Kaolinbildung (Zur Frage der Lateritisierung).

In verschiedenen untersuchten Tuffproben kommen auch Kaolin-Minerale vor, und zwar in Mengen von unter 5 % bis zu rund 65 %. Kaolinreiche Proben ähnlicher mineralogischer Zusammensetzung hat WIRTZ (1965) aus dem Vogelsberg beschrieben. Danach liegt die Vermutung nahe, daß es sich bei den kaolin-führenden Proben um fossile Böden mit Tendenz zur Lateritisierung handelt. Die von WIRTZ (1965) analysierten "Latosols" des Vogelsberges zeigen bei hohem Montmorillonit-Gehalt $SiO_2:Al_2O_3$-Verhältnisse von etwa 4,0 bis 5,8, bei hohem Kaolingehalt um 2,0 und schließlich bei wesentlichen Gehalten an Gibbsit (Hydrargillit) Verhältnisse von um 0,3 bis 1,1. Es läßt sich hier also mineralogisch eine Reihe abnehmender SiO_2-Gehalte aufstellen.

Für die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Tuffproben ergeben sich ganz analoge chemische Verhältnisse entsprechend dem Mineralbestand:

Tabelle Nr. 5a: Oxidverhältnisse ausgewählter Proben <0,6 um (vergl. Text)

Nr. der Probe	41	59	56	39	77
$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	6,60	5,90	5,70	2,89	2,74
$\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$	13,30	9,90	5,60	10,70	11,60
$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$	2,00	1,60	0,90	1,70	4,24

Von diesen Proben führen Nr. 41 und 59 fast nur Montmorillonit, während Nr. 56 und 39 auch geringe und Nr. 77 große Mengen von Kaolin-Minerale enthalten. Gegenüber dem tuffigen Ausgangsmaterial sind in den ersten Stadien (Montmorillonitbildung, siehe voriger Abschnitt) schon fast alle Alkalien und ein großer Teil der Erdalkalien verloren gegangen; bei der beginnenden Lateritisierung wird dann SiO_2 und auffallenderweise auch Fe_2O_3 weggeführt (siehe zweite Reihe der Tabelle 5a, ganz analog den von WIRTZ (1965) beschriebenen Verhältnissen). Das Endstadium der Gibbsit-Bildung ist in den hier untersuchten Proben nicht erreicht worden.

Die Ergebnisse stimmen also im wesentlichen mit denen von WIRTZ (1965) überein, der die fossilen (tertiaren) Bodenbildungen untersuchte. Nach SCHENK (1965) kommt im Vogelsberg eine Vielzahl von Lateritdecken wechselnd mit den Basalten vor; nach WIRTZ entstehen die lateritischen Böden dabei fast ausschließlich aus Lockermaterial, meist Tuffen, und zwar jeweils vor der Ablagerung der überlagernden Basalte, also sicher intratertiär. Von WIRTZ (1965) wird die Ausfüllung von Rissen und Hohlräumen in den "Latosols" mit Montmorillonit auf eine Einwirkung der überlagernden jüngeren Basalte zurückgeführt. Dies wäre nach den eigenen Beobachtungen durchaus möglich.

Dagegen kann der Annahme von WIRTZ (1965), daß die von ihm untersuchten Böden aus praktisch unzersetzten basaltischen Tuffen entstanden wären, nicht allgemein zugestimmt werden. Es wurde vielmehr des öfteren festgestellt, daß aus dem basaltischen Glas eindeutig Montmorillonit hervorgeht. Deshalb ist es sehr wahrscheinlich, daß die fossilen Böden aus schon weitgehend zu Montmorillonit zersetzten Tuffen gebildet worden sind. Eine Bildung von Kaolin-Mineralen direkt aus Glas, wie sie für

Probe Nr. 77 der vorliegenden Arbeit angenommen wurde, dürfte dagegen zurücktreten.

Interessant ist auch das Auftreten von Metahalloysit bezw. Fireclay-Mineral im Hinblick auf die Feststellung von KÖSTER (1955), daß Kaolin im Laterit-Profil nicht stabil ist; die Bildung der Kaolin-Minerale dürfte also auch im Vogelsberg nur ein Zwischenstadium auf dem Wege zu einer völligen Lateritisierung darstellen, die wohl oft durch neue Ergüsse unterbrochen worden ist.

Im einzelnen werden allerdings die Umwandlungsvorgänge sicher oft komplizierter gewesen sein. So deutet in einigen Fällen der Fund von Breccien mit kaolinisierten Feldspäten in den basaltischen Komponenten, eingeschlossen in eine montmorillonitreiche Grundmasse, darauf hin, daß bereits zersetzte (lateritisierte) Basalte als Ausgangsmaterial für diese Komponenten in den Tuffen gedient haben. Im Einzelfall hat sicher die Durchlässigkeit für Verwitterungslösungen eine entscheidende Rolle gespielt.

Allgemein fällt beim Studium der Verwitterung im Vogelsberg auf, daß das Eisen nicht direkt mit dem Aluminium relativ angereichert worden ist. SCHELLMANN (1964) sprach deshalb von einem vom Normalfall abweichenden Typ lateritischer Verwitterung. Nach ihm ist das Eisen im wesentlichen auf Klüften und Absonderungsflächen im kaolinisierten Basaltzersatz konzentriert.

.3.3. Weitere Tonminerale in den Tuffen.

Neben Montmorillonit und Kaolin-Mineralen wurden in geringer Menge auch Minerale der Chlorit-Gruppe und Illit in den untersuchten Tuffen gefunden.

Das Vorkommen von <u>Chlorit</u> ist meistens auf die Fraktion $<6\,\mu m$ beschränkt. Nur in einigen Fällen kommen größere Chlorite (nach der Optik Prochlorit und Pennin) vor, nämlich um Quarzkörner herum (wahrscheinlich als Umbildung von Pyroxen-Reaktionsrinden um Quarz) oder als Rißfüllungen in einer Montmorillonit-Grundmasse. Im letzeren Fall müssen sie nach der Montmorillonit-Bildung unter Mitwirkung von Mg-$Fe^{\cdot\cdot}$-haltigen Lösungen entstanden sein. Da die 14 Å-Linie bei Erhitzen auf 450°C verschwindet, hat die thermische Stabilität Ähnlichkeit mit der der Chlorit-Neubildungen in Sedimenten, die dort nach GRIM und JOHN (1953) diagenetisch entstanden sein dürften.

Illit kommt nur in sehr kleinen Mengen und nur in den Fraktionen $<6\,\mu m$ vor. Es ist möglich, daß dieser sekundär aus Montmorillonit [GRIM (1953)] oder aus Kaolin [WEAVER (1959)] gebildet worden ist, doch sind auch andere Entstehungsweisen denkbar [v. ENGELHARDT (1962)]. Eine Entscheidung ist hier nicht möglich.

6.3.4. Zur Farbe der untersuchten Tuffe.

Häufig sind Farbunterschiede zwischen den verschiedenen Tuffproben festzustellen, meistens von hell- oder dunkelgrau bis braun.

Die hellgrauen und dunkelbraunen Tuffe zeigen keine qualitativen tonmineralogischen Unterschiede. Qualitativ ist neben dem überwiegenden Montmorillonit in fast allen Proben sehr wenig Kaolin und Illit vorhanden. Alle diese Proben sind stets reich an Hämatit, der optisch und röntgenographisch in den Fraktionen $<6\,\mu m$ nachweisbar war. Die Variationen in der Intensität der Färbung werden hier durch unterschiedlichen Hämatit-Gehalt verursacht.

In einigen Fällen, z.B. in kaolinführenden Vorkommen, rührt die dunkelgraue Farbe sicher vom Auftreten größerer Mengen von Magnetit her. Den Farbeffekt des Magnetits und den Wechsel von dunkelgrauen zu hellbraunen Farben findet man schon in den getrennten Fraktionen demonstriert, wo der Magnetit-Gehalt von über 15 % in der Korngrößenklasse 60-20 μm auf unter 7 % in der Fraktion 6-2 μm absinkt (Probe Nr. 77).

7. Zusammenfassung.

Tuffe des Vogelsbergs aus verschiedenen Vorkommen wurden mit sedimentpetrographischen Methoden untersucht und ihr Mineralbestand quantitativ bestimmt.

Obwohl die Tuffe keine Gliederungsmöglichkeit nach magmatischen Komponenten zuließen, zeigten sich doch zum Teil deutliche Unterschiede im Tonmineralbestand. Danach ergaben sich je nach Mineralbestand und Bildungsbedingungen drei verschiedene Typen:

1. Tuffe mit Montmorillonit-Vormacht und sehr wenig Illit, Chlorit und Kaolin. Sie sind durch hydrothermale Umbildung aus magmatischen Tuffkomponenten entstanden; zum Teil ist noch erkennbar, daß der Montmorillonit aus vulkanischen Glasresten gebildet worden ist.

2. Tuffe mit Kaolin-Vormacht und wenig Montmorillonit und Illit. Sie werden in Anlehnung an die bodenkundliche Arbeit von WIRTZ (1965) als Produkte einer teilweisen Lateritisierung der Tuffe bei intra-tertiärer Verwitterung in den Ruhephasen des Vulkanismus gedeutet. In den obersten Bodenhorizonten kommt nach WIRTZ (1965) teilweise sogar Gibbsit vor.

3. Tuffe mit wesentlichem Kalk-Gehalt. Hier handelt es sich um Süßwassertuffe mit Montmorillonit-Gehalten oder um montmorillonit-führende Tuffe mit sekundärem Calcit.

Als Fremdkomponenten kommen neben basaltischen Lapilli und magmatischen Mineralen fast nur Quarze vor, die im wesentlichen aus unterlagernden Tertiärsanden stammen dürften. Das Ausgangsmagma ist nicht mehr mit Sicherheit zu rekonstruieren; in einzelnen Fällen dürfte alkalibasaltisches, in anderen tholeiitisches Magma vorgelegen haben.

Schließlich wurden die thermischen Eigenschaften des Montmorillonits in Abhängigkeit vom Mg-Gehalt untersucht.

Herrn Prof. Dr. Th. Ernst, meinem sehr verehrten Lehrer, auf dessen Anregung und unter dessen Betreuung und Leitung diese Arbeit durchgeführt wurden, bin ich zu tiefstem Dank verpflichtet. Ohne sein stetes Interesse, mannigfache Unterstützung und sehr wertvollen Ratschläge wäre die Arbeit nicht zustande gekommen.

Ebenso danke ich besonders sehr herzlich Herrn Univ.-Doz. Dr. K. v.Gehlen für sehr wertvolle Ratschläge und Unterstützung bei dieser Untersuchung.

Für die sprachliche Korrektur und mannigfache Unterstützung, die mir die Bearbeitung erleichterten, danke ich Herrn Dr. W. Bausch sehr herzlich.

Herrn Dr. E. Schenk (Geologische Forschungsstelle Hungen, Gießen) danke ich ebenfalls sehr herzlich für wertvolle Hinweise über die geologische Lage der Tuffe und für die große Hilfe während der Entnahme von Proben.

Herrn Dr. K. Schüller (Fa. Stemag, Lauf/Pegnitz) danke ich vielmals für die elektronenmikroskopischen Aufnahmen.

Weiterhin danke ich sehr herzlich Herrn Dr. A. Becher für seine Hilfe bei der Einweisung in den Gebrauch der Geräte.

8. Literaturverzeichnis

HAD, I.: Vermiculite and its relation to biotite, as revealed by base exchange reactions, x-ray analysis, differential thermal curves and water content. Amer. Miner. 33, 1948, 655-678.

: The effect of the interlayer cations on the expansion of the micatype of crystal lattice. Amer. Min. 35, 1950, 225-238.

ER, A.: Eine Tonmineralfolge vom Beckenrand zum Beckeninnern im Buntsandstein Nordost-Bayerns. - Diss. Univ. Erlangen, 1965, (Maschinenschrift).

DLEY, G.W. u. Mitarbeiter: X-ray identification and crystal structures of clay minerals. Min. Soc. London, 1951.

ZZI, A.V.: Microscopic sedimentary petrography. New York, London, 1960.

ENS, C.W.: Die Entstehung der Gesteine (in Barth-Correns-Eskola). Berlin, Springer-Verlag, 1933.

u. SCHOTT, W.: Vergleichende Untersuchungen über Schlämm- und Aufbereitungsverfahren von Tonen. Kolloid. Z. 61, 1932, 68-80.

EY, J.W., MILNE, I.H. u. MC VEAH: Thermal dehydration and x-ray studies on montmorillonite. Amer. Min. 38, 1953, 770-788.

MANN, C.H. u. FAVEJEE, J.C.L.: On the crystalstructure of montmorillonite and halloysite. Z. Krist. 102-A, 1940, 417-431.

LHARDT, W.V.: Neuere Ergebnisse der Tonmineralforschung. Geol Rdsch. 51,2, Stuttgart, 1962, 457-477.

T, Th.: Peridotitic Inclusions in Basalts as Mantle Material. Vortrag XXII Internat. Geol. Congress, New Delhi, 1964.

EL, W.: Qualitative und quantitative Untersuchungen an Dilatometerkurven von Tonen. Heidelbg. Beitr. Min. u. Petr. 5, 1956-57, 1-22.

I, R.E.: Concept of Diagenesis in Argillaceous Sediments. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 42, 1958, 246-253.

u. JOHN, D.W.: Claymineral investigation of sediments in the northern Gulf of Mexiko. Proc. Sec. Nat. Conf. on Clay and Clay minerals. 1953, 81-103.

ASSOWITZ, H.: Laterite, Fortschr. Geologie u. Paläntologie. Bd. 4, H. 14, 1926.

UND, K.: Eine Texturkamera zur schnellen Bestimmung von blättchenförmigen Tonmineralien. Naturwiss. 43, 12, 1956, 275.

J, M.: Beiträge zur Theorie und Praxis der mechanischen Bodenanalyse. Landwirtsch. Jb. 67, H. 4, 1928, Berlin.

ER, H.M.: Beitrag zur Kenntnis indischer Laterite. Heidelbg. Beitr. Min. Petr. 5, 1956-1957.

M, H.H.: Mineralbestand und Genese fränkischer Keuper- und Lias-Tone. - Diss. T.H. München 1961 (Maschinenschrift).

ENZIE, R.C.: Differential thermal investigation of clays. Min. Soc. London 1957.

CONNEL, D.: The crystal chemistry of montmorillonite. Amer. Mineral 35, 1950, 166-172.

MILNE, I.H. u. EARLY, J.W.: Effect of source and environment on clay minerals and argillaceous and siliceous neoformations. - Clay and Clay-minerals, 10, 1963, 399-412.

NAGELSCHMIDT, G.: X-ray investigation of clays. Part III. Z. Krist. 97, 1937, 514-521.

PAGE, J.W.: DTA of montmorillonite. Soil. Sci. London, 56, 1943, 273-283.

PILLER, H.: Die Phasenkontrastmikroskopie als Hilfsmittel zur Bestimmung feinkörniger, speziell dünner, transparenter Minerale. Heidelbg. Beitr. Min. Petr. 3, 1953.

SCHELLMANN, W.: Die lateritische Basaltverwitterung im Vogelsberg und in den Tropen. - Vortrags-Ref. Fortschr. 42, 1965.

SCHENK, E.: Die geologischen Erscheinungen der Subfusion der Basalte. Heft 46, 1964, Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden.

- Zur Entwicklung der Basalteisensteinlagerstätten im Vogelsberg (Hessen) in Pleistozän aus den Lateritdecken des Tertiärs. Vortrags-Ref. Geol. Vereinigung Straßburg, 1965.

SCHNITZER, W.A.: Die Lithologie und Paleogeographie des Buntsandsteins am Westrand der Böhmischen Masse. Erlanger geol. Abh., Erlangen 24, 1957, S. 130.

SCHOTTLER, W,: Der Vogelsberg - sein Untergrund und Oberbau. Braunschweig 1920.

- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen im Maßstab 1:25.000 - Blatt Hungen. Darmstadt 1921.

- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen im Maßstab 1:25.000. Blätter Nidda u. Schotten. Darmstadt 1924.

TRÖGER, W.E.: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil 1. Bestimmungstabellen. 3, 1959, Aust. Stuttgart, Schweizerbart.

VALETON, I.: Petrographie des süddeutschen Hauptbuntsandsteins. Heidelbg. Beitr. Min. Petr. 3, 1953, 335-379.

WEAVER, C.E.: The distribution and identification of mixedlayer clays in sedimentary rocks. Amer. Min. 41, 1956, 202-221.

- Geological interpretation of argillaceous sediments. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. 42, 2, 1958, 254-271.

- The clay petrology of the sediments. - Clays and Clay minerals. London, New York, Paris, Los Angeles, 1949, 154-157.

WILLIAMS, O.G.:The relation of the physical properties of natural glasses to their chemical composition. J. Geol. 32, 1924, 353-372.

WIRTZ, R.: Beitrag zu der Kenntnis der Paläosole in dem Vogelsberg, W.Deutschland. Diss. Univ. Utrecht, Holland. 1965 (Maschinenschrift).

A N H A N G

Tabelle Nr. 6

Verzeichnis der Fundpunkte bezw. Entnahmestellen von Tuffproben.

(Z.O.V. = Zweckverband Oberhessische Versorgungsbetriebe)

Probe Nr.	Ort - Benennung	Topo.Karte 1:25000 Name	Nr.	Gitterwerte rechts	hoch	Höhe in m über NN	Aussehen und Eigenschaften
1-33	Steinbruch am Oeleberg	Gießen -	5418	34.85.72	56.06.58	220.00	siehe Tabelle Nr. 7
34	" bei Großenbuseck	Allendorf -	5318	34.85.17	56.08.82	220.00	grau, mittelkörnig.
35	Straßeneinschnitt bei Großenbuseck	" -	"	34.85.24	56.09.18	235.00	hellbraun, feinkörnig, geschichtet.
36	Steinbruch zwischen Traisa und Allendorf	" -	"	34.85.74	56.15.40	210.00	weiß, mittelkörnig.
37	" " " " "	" -	"	"	"	"	grau, mittelkörnig.
38	Climbach "Beim Born"	" -	"	34.86.64	56.13.70	280.00	grau, grobkörnig, geschichtet.
39	Steinbruch Oberwiddersheim	Hungen -	5519	34.95.76	55.88.14	175.00	dunkelbraun, mittelkörnig, porös.
40	" "	" -	"	"	"	"	hellgrau, feinkörnig, geschichtet.
41	" "	" -	"	"	"	"	graugrün, feinkörnig.
42	" "	" -	"	"	"	"	braun, feinkörnig, geschichtet.
43	" "	" -	"	"	"	"	hellgrau, feinkörnig.
44	Bohrung des Z.O.V. Nr. 5 (41.8-44.6 m)	" -	"	34.91.10	55.94.47	150.00	hellgrau, feinkörnig.
45	" " " " 41 (8.2 m)	" -	"	34.93.61	55.91.42	133.70	violettbraun, feinkörnig.
46	" " " " 24 (15-24.1 m)	" -	"	34.97.03	55.86.78	161.00	hellbraun, mittelkörnig.
47	" " " " 8 (26.6-30 m)	" -	"	34.96.73	55.94.95	173.00	ockerfarben, feinkörnig.
48	" " " " 2 (20.15 m)	" -	"	34.90.44	55.93.30	157.70	ziegelrot, mittelkörnig.
49	" " " Kohden I (150.5-153.9 m)	Nidda -	5520	35.01.62	55.88.51	134.00	hellgrau, grobkornig, geschichtet.
50	" " " " (153.9-154 m)	" -	"	"	"	"	hellgrau, grobkörnig, geschichtet.
51	" " " " (155-160.8 m)	" -	"	"	"	"	hellgrau, feinkörnig.
52	" " " Nr. 10 (6.50-7.15 m)	" -	"	35.07.032	55.93.897	222.68	braun, feinkörnig.
53	" " " " 11 (22-22.50 m)	" -	"	35.06.974	55.94.004	238.80	gelbbraun, feinkörnig.
54	" " " " 15 (26.25-40.27 m)	" -	"	35.06.938	55.93.785	211.57	braun, feinkornig.
55	" " " Rainrod I (52.7-53 m)	" -	"	35.06.18	55.93.20	195.00	ziegelrot mit kleinen gelben u. schwarzen Bröckchen
56	" " " " (70-78 m)	" -	"	"	"	"	gelbbraun, feinkörnig.
57	" " " " (186.5-188.3 m)	" -	"	"	"	"	gelbgrün mit brecciösen Komponenten.
58	" " " " (200.3-201.1 m)	" -	"	"	"	"	dunkelrot, feinporig.
59	" " " " (309-311 m)	" -	"	"	"	"	dunkelgrau, grobkörnig.
60	" " " " (316.5-322.2 m)	" -	"	"	"	"	grau, feinkörnig, geschichtet.
61	Oberschmitten - Nidda	" -	"	35.02.30	55.90.60	205.00	rotbraun, mittelkörnig.
62	Oberlais, Anschluß an der Straße am Ostrand	" -	"	35.06.86	55.87.28	285.00	braun, feinkornig.
63	Steinbruch in Michelnau	" -	"	35.02.86	55.87.32	205.00	braun, feinkornig, geschichtet.

Probe Nr.	Ort - Benennung	Topo.Karte 1:25000 Name	Nr.	Gitterwerte rechts	hoch	Höhe in m über NN	Aussehen und Eigenschaften
64	Lauterbach - Straßeneinschnitt zwischen Stadtrand und Bahnkreuzung	Lauterbach	- 5322	35.27.72	56.11.90	310.00	violettgrau, feinkörnig.
65	Autobahn bei Raststätte Reinardshein	Londorf	- 5319	34.93.00	56.09.92	325.00	rotbraun, feinkörnig.
66	Bohrung des Z.O.V. Nr. 4 (36.5-36.8 m)	Laubach	- 5419	34.90.27	55.96.98	130.30	hellgraugelb, feinkörnig, geschichtet.
67	Schotten an der Straße nach Gedern zwischen beiden Steinbrüchen	Schotten	- 5420	35.09.50	55.95.98	320.00	rotbraun. mittelkörnig.
68	Bohrung des Z.O.V. Nr. 12 (6.3-6.5 m)	"	- "	35.02.60	56.00.00	229.60	hellbraun, feinkörnig.
69	" " " " 3 (10-11.6 m)	Butzbach	- 5518	34.86.77	55.93.31	161.30	gelbgrau, feinkörnig.
70	" " " " 28 (33.4-33.6 m)	"	- "	34.86.64	55.88.80	201.60	ziegelrot, feinkörnig.
71	" " " " (56-57.7 m)	"	- "	"	"	"	hellgrau, feinkörnig.
72	Steinbruch Niederohmen	Burggemünden	- 5320	35.02.36	56.13.62	250.00	braun, feinkörnig.
73	Steinbruch Oberohmen	"	- "	35.07.36	56.08.96	345.00	braun, feinkörnig.
74	Totenkapelle südlich von Meiches	Storndorf	- 5321	35.18.48	56.08.66	555.00	gelbbraun, feinkörnig.
75	Herbstein, oberer Steinbruch am Gallberg	Herbstein	- 5422	35.24.20	56.02.04	450.00	gelbbraun, feinkörnig.
76	" " (Kontakt Basalt/Tuffe)	"	- "	"	"	"	violettbraun, feinkörnig.
77	Bohrung des Z.O.V. Nr. 26 (24.0-25.0 m)	Staden	- 5619	34.93.18	55.83.59	132.00	dunkelgrau, mittelkörnig.

Tabelle Nr. 7

Verzeichnis der Proben vom Steinbruch Oeleberg (lfd. Nr. 1-33)

Alle Proben sind aus dem Steinbruch am Oeleberg bei Großenbuseck östlich von Gießen aus zwei Profilen entnommen. Die angegebenen Höhen gelten von der Steinbruchsohle aus.

Probe Nr.	Höhe (cm)	Aussehen und Eigenschaften
		Profil Nr. 1
1	0- 25	hellgraugrün, feinkörnig, geschichtet.
2	25- 45	graubraun, mittelkörnig.
3	45- 75	gelbbraun, mittelkörnig.
4	75-115	graubraun, mittelkörnig.
5	115-155	graubraun, mittelkörnig, porös.
6	155-175	gelbgrün, feinkörnig.
7	175-225	graugrün, feinkörnig.
8	225-320	graubraun, feinkörnig, geschichtet.
9	320-340	graugrün, feinkörnig, fettig.
10	340-380	graugrün, feinkörnig.
11	380-385	graugrün, feinkörnig, geschichtet.
12	385-565	graugrün, feinkörnig, fettig.
13	565-605	rotbraun, feinkörnig.
14	605-665	graubraun, feinkörnig.
		Profil Nr. 2
15	0- 60	gelbbraun, mittelkörnig.
16	60- 70	graubraun, mittel- und feinkörnig, geschichtet.
17	70- 76	graugrün, mittel- und feinkörnig, geschichtet.
18	76-106	graubraun, mittel- und feinkörnig, geschichtet.
19	106-118	grau, feinkörnig.
20	118-143	graugelbbraun, fein- und mittelkörnig, geschichtet.
21	143-153	graubraun, fein- und mittelkörnig, geschichtet.
22	153-163	gelblichbraun, feinkörnig.
23	163-168	graubraun, feinkörnig, geschichtet.
24	168-320	gelbbraun, mittelkörnig.
25	320-370	grünlichgrau, feinkörnig.
26	370-460	dunkelbraun, feinkörnig.

Tabelle Nr. 7
(Fortsetzung)

Probe Nr.	Höhe (cm)	Aussehen und Eigenschaften
		Mitte des Steinbruchs
27	160-200	gelbgrün, mittelkörnig.
28	140-160	grünlichbraun, feinkörnig.
29	0-140	graubraun, feinkörnig.
		Westliche Seite des Steinbruchs
30	Mitte-Wand	graugrün, feinkörnig.
		Kontaktzone (Basalt/Tuffe), Mitte des Steinbruchs
31	Kontaktzone	dunkelviolettbraun, feinkörnig.
32	50 cm unterhalb Kontakt	hellgrau, feinkörnig.
33	200 cm unterh. Kontakt	hellbraun, mittelkörnig, geschichtet.

Tabelle Nr. 8

Korngrößenverteilung der Tuff-Proben aus dem Oeleberg-Steinbruch

(in Gewichts-%)

Probe Nr.	Korngröße in µm									Gesamt %
	>1000	1000-632	632-200	200-63	63-20	20-6	6-2	2-0.6	<0.6	
					Profil 1					
1	0.25	0.25	12.00	27.00	27.00	7.00	11.00	10.00	5.00	99.50
3	0.43	0.22	46.00	19.00	9.00	8.00	5.00	7.00	6.00	100.65
5	0.13	0.19	26.00	28.00	10.00	10.00	7.00	8.00	11.00	100.32
8	0.01	0.05	5.00	30.00	22.00	17.00	10.00	11.00	5.00	100.06
9	-	0.02	2.00	9.00	12.00	16.00	16.00	26.00	19.00	100.02
10	-	-	1.00	21.00	18.00	22.00	14.50	12.00	12.00	100.50
12	-	0.04	5.00	32.00	16.00	17.00	10.00	9.00	10.00	99.04
13	0.05	0.57	4.00	33.00	13.00	16.00	13.00	9.50	11.50	100.62
14	0.10	0.10	2.00	15.00	22.00	21.00	16.00	12.00	12.00	100.20
					Profil 2					
15	0.30	0.19	15.00	34.00	18.00	7.00	5.00	5.00	15.00	99.49
17	0.12	0.50	6.00	34.00	14.00	16.00	11.00	8.00	10.00	99.62
19	-	0.03	7.00	33.00	18.00	12.00	9.00	8.00	13.00	100.03
21	0.18	0.33	16.00	28.00	20.00	12.00	10.00	4.80	8.60	99.91
24	0.08	0.23	15.41	31.31	12.50	11.30	7.80	5.90	16.00	100.[illegible]
26	0.08	0.37	8.60	14.40	19.00	16.80	10.40	1[illegible].20	18.80	100.65
					Mitte des Steinbruchs					
27	2.52	2.54	43.64	17.55	7.00	9.00	6.00	4.00	8.00	100.25
28	0.08	0.26	3.00	47.00	14.00	11.00	14.00	7.00	4.00	100.34
29	0.08	0.18	29.00	21.00	10. 0	10.00	12.00	6.00	12.00	100.26
					Westliche Seite					
30	-	-	3.47	22.14	16.40	21.80	14.00	9.00	13.80	100.61

Tabelle Nr. 9

Korngrößenverteilung der Tuff-Proben (außer Oeleberg)
(in Gewichts-%)

Probe Nr.	Korngröße in µm									
	>1000	1000-632	632-200	200-63	63-20	20-6	6-2	2-0.6	<0.6	Gesamt %
36	0.01	0.03	5.00	39.00	17.00	15.00	10.00	11.00	3.00	100.04
37	8.00	1.00	6.00	9.00	16.40	20.80	19.00	14.00	6.00	100.12
39	-	0.18	32.00	24.00	11.00	8.00	7.00	7.00	11.00	100.18
40	0.12	0.13	19.00	13.00	12.00	14.00	10.00	11.00	21.00	100.25
41	-	-	1.00	28.00	10.00	11.00	10.00	12.00	28.00	100.00
42	-	0.12	30.00	12.00	16.00	15.00	10.00	6.00	11.00	100.12
43	0.05	0.21	6.00	22.00	15.00	16.00	14.00	10.00	17.00	100.26
45	0.10	0.30	6.00	32.00	15.00	12.00	10.00	19.00	16.00	100.40
46	1.00	0.60	30.00	19.00	11.00	13.00	8.00	7.00	10.00	99.60
47	-	0.20	12.00	38.00	12.00	13.00	16.00	8.00	1.00	100.20
48	-	0.10	18.00	35.00	8.00	7.00	10.00	11.00	11.00	100.50
49	-	0.10	8.00	34.00	18.00	15.00	14.00	5.00	6.00	100.10
50	1.02	2.00	24.00	27.00	15.00	10.00	8.00	7.00	6.00	100.02
51	-	0.20	3.00	13.00	7.00	12.00	13.00	17.00	35.00	100.20
57	0.14	0.30	30.00	26.00	11.00	11.00	6.00	4.00	11.00	99.44
59	-	0.10	7.00	33.00	15.00	16.00	11.00	9.00	9.00	100.10
62	0.10	0.10	5.00	15.00	17.00	20.00	15.00	16.00	12.00	100.20
63	1.00	8.00	43.00	12.00	8.00	7.00	6.00	5.00	10.00	100.00
64	-	0.10	3.00	20.00	14.00	20.00	15.00	13.00	15.00	100.01
65	-	0.03	2.00	26.00	16.00	9.00	12.00	11.00	24.00	100.03
66	-	-	3.00	40.00	23.00	13.00	10.00	7.00	4.00	100.00
68	0.05	0.03	10.00	26.00	30.00	13.00	10.00	6.00	5.00	100.05
69	-	0.04	3.00	31.00	23.00	38.00	3.00	1.00	1.00	100.04
70	-	0.10	19.00	34.00	7.00	8.00	9.00	12.00	11.00	100.10
74	2.00	7.00	38.00	17.00	10.00	9.00	6.00	4.00	7.00	100.00
77	-	0.01	15.00	24.00	20.00	18.00	9.00	5.00	9.00	100.01

Tabelle Nr. 10

Mineralbestand außer Oeleberg

	Korn-Größe (µm)	Nr. der Probe																							
		36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48	49	51	56	59	62	63	64	65	66	69	70	74	77
Montmorin	>1000																								
Kaolin																									
Quarz		100.0	100.0		100.0			100.0		50.0							100.0								
Zeolith																		50.0							
Fe.Mg.Silikat										50.0					100.0										
Fe-Oxid																		50.0							
Rest																									
Montmorin	632 - 1000				80.0				30.0		100.0	25.0		50.0				70.0	90.0	50.0			25.0	50.0	
Kaolin																									
Quarz		50.0	100.0	80.0	10.0		100.0	100.0	50.0	50.0		75.0	100.0	50.0			100.0			50.0	100.0		75.0		
Zeolith																		10.0							
Fe.Mg.Silikat										50.0					100.0									40.0	
Biotit																100.0									
Fe.Oxid		50.0		20.0	10.0				20.0									20.0	10.0					10.0	
Rest																									
Montmorin	200 - 632			5.0	96.0	80.0	40.0	80.0	40.0	61.0	88.0	50.0		10.0	70.0	60.0	84.0	67.0	80.0	94.0	48.0	35.0	50.0	85.0	50
Kaolin																									65.0
Quarz		80.0	98.0	75.0	3.0	15.0	55.0	20.0	40.0	19.0	12.0	50.0	80.0	80.0	8.0	20.0	12.0	1.0	10.0	5.0	45.0	35.0	50.0		2.0
Zeolith																		12.0							
Fe.Mg-Silikat										10.0					22.0									5.0	
Biotit																20.0									
Karbonat													10.0									30.0			
Fe-Oxid		20.0	2.0	20.0	1.0	5.0	5.0		20.0	10.0				10.0			4.0	20.0	10.0	1.0	6.0			10.0	18.0
Rest													10.0												10.0
Montmorin	63 - 200	11.0		8.0	91.0	82.0	80.0	76.0	40.0	66.0	84.0	30.0	41.0	32.0	90.0	65.0	76.0	57.0	95.0	95.0	38.0	17.0	30.0	91.0	5.0
Kaolin																									65.0
Quarz		75.0	95.0	56.0	8.0	16.0	15.0	22.0	49.8	20.0	10.0	70.0	49.0	67.0		24.0	16.0	1.0	2.0	3.0	55.0	56.0	70.0		2.0
Zeolith																		25.0							
Fe-Mg-Silikat										5.0	2.0				10.0									1.0	
Biotit																5.0									
Karbonat													9.0									18.0			
Fe-Oxid		14.0	5.0	36.0	1.0	2.0	5.0	2.0	15.0	6.0	4.0		1.0	1.0		5.0	8.0	17.0	3.0	2.0	7.0	8.0		8.0	18.0
Rest									5.0	3.0						1.0									10.0
Montmorin	20 - 63	15.0		10.0	91.0	81.0	78.0	85.0	40.0	62.0	50.0	22.0	35.0	41.0	73.0	66.0	50.0	52.0	61.0	96.0	41.0	20.0	22.0	79.0	10.0
Kaolin																									58.0
Quarz		72.0	95.0	52.0	2.0	14.0	14.0	14.0	35.0	12.0	37.0	74.0	52.0	54.0	3.0	21.0	25.0	1.0	23.0	2.0	55.0	52.0	74.0		2.0
Zeolith				10.0														10.0							
Fe-Oxid		9.0	4.0	18.0	7.0	5.0	8.0	1.0	20.0	23.0	8.0	3.0	3.0	4.0	12.0	12.0	17.0	25.0	13.0	2.0	4.0	7.0	3.0	6.0	25.0
Fe-Mg-Silikat				10.0						2.0	4.0				12.0			12.0						12.0	
Karbonat													10.0									21.0			
Rest		4.0	1.0						5.0	1.0	1.0	1.0		1.0		1.0	8.0		3.0				1.0	3.0	5.0
Montmorin		18.0		30.0	95.0	93.0	86.0	[illegible]	46.0	82.0	70.0	36.0	75.0	73.0	83.0	83.0	87.0	68.0	76.0	97.0	75.0	42.0	36.0	82.0	5.0
Kaolin			1.0																						[illegible]

1.80 | 0.70 | 0.90 | 1.40 | 0.40

Quarz	6 - 20	75.0	88.0	35.0	1.0	6.0	12.0	8.0	30.0	3.0	22.0	56.0	17.0	24.0		5.0	5.0		10.0	1.0	21.0	30.0	57.0		1.0
Zeolith				10.0														6.0							
Fe.Mg.Silikat				10.0						1.0	4.0				8.0			8.0						10.0	
Karbonat													4.0									23.0			
Fe-Oxid		2.0	6.0	15.0	5.0	1.0	2.0	2.0	15.0	14.0	4.0	6.0	3.0	3.0	8.0	11.0	6.0	18.0	12.0	2.0	3.0	4.0	6.0	3.0	20.0
Rest		5.0	5.0					2.0	9.0			2.0	1.0		1.0	1.0	2.0		2.0		1.0	1.0	1.0	5.0	4.0
Montmorin	2 - 6	23.0	15.0	35.0	95.0	89.0	85.0	86.0	40.0	74.0	65.0	59.0	80.0	84.0	83.0	74.0	73.0	76.0	60.0	84.0	82.0	38.0	58.0	87.0	20.0
Illit		10.0	20.0	5.0		5.0	5.0	5.0	15.0	5.0			6.0	5.0	4.0	10.0	5.0	5.0	10.0	5.0	3.0	15.0		5.0	
Kaolin		15.0	25.0	30.0					10.0						5.0	4.0	10.0			10.0					65.0
Chlorit				3.0				5.0		5.0	5.0								10.0		3.0	10.0			
Quarz		40.0	39.0	20.0	2.0	5.0	8.0	4.0	15.0	4.0	20.0	35.0	10.0	10.0		4.0	4.0	1.0	8.0		10.0	20.0	35.0		
Zeolith																		8.0							
Fe-Mg-Silikat										1.0	2.0				2.0									3.0	
Fe-Oxid		1.0	1.0	2.0		1.0			15.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	6.0	5.0	5.0	10.0	4.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	10.0
Karbonat													2.0									15.0			
Rest		1.0		5.0	3.0		2.0		5.0	10.0	6.0	4.0	1.0			3.0	3.0		8.0		1.0		4.0	4.0	5.0
Montmorin	0.6 - 2	40.0	15.0	35.0	93.0	92.0	80.0	90.0	40.0	78.0	84.0	74.0	88.0	89.0	91.0	88.0	68.0	83.0	71.0	80.0	90.0	59.0	74.0	84.0	20.0
Illit		10.0	30.0	10.0	5.0	4.0	10.0	4.0	10.0	4.0			6.0	5.0		5.0	5.0	5.0	10.0	5.0	4.0	10.0		10.0	
Kaolin		20.0	40.0	35.0					20.0						6.0	2.0	20.0			15.0					72.0
Chlorit				10.0				3.0		10.0	2.0								10.0		2.0	5.0			
Quarz		20.0	15.0	10.0	2.0	4.0	6.0	3.0	10.0	3.0	10.0	20.0	6.0	6.0		2.0	3.0		5.0		4.0	15.0	20.0		
Zeolith																		5.0							
Fe-Mg-Silikat											1.0													2.0	
Fe-Oxid							2.0		10.0	1.0	1.0	1.0			3.0	3.0	1.0	7.0	2.0			1.0	1.0	1.0	5.0
I-M-Wechs.		10.0							10.0																
Karbonat																						10.0			
Rest							2.0			4.0	2.0	5.0					3.0		2.0				5.0	3.0	3.0
Montmorin	<0.6	45.0	20.0	30.0	95.0	90.0	80.0	94.0	45.0	87.0	94.0	83.0	94.0	90.0	84.0	94.0	67.0	93.0	75.0	88.0	90.0	82.0	83.0	87.0	20.0
Illit		10.0	25.0	10.0	4.0	3.0	10.0	2.0	15.0	5.0			2.0	5.0	6.0	4.0	5.0	3.0	10.0	2.0	5.0	5.0		10.0	
Kaolin		25.0	45.0	45.0					20.0						8.0		25.0			10.0					78.0
Chlorit				10.0				2.0		5.0									10.0		2.0	3.0			
Quarz		10.0	10.0	5.0	1.0	4.0	5.0	2.0	5.0	2.0	5.0	15.0	4.0	5.0		1.0	2.0		3.0		3.0	5.0	15.0		
I-M-Wechs.		10.0							10.0																
Fe-Oxid						2.0	2.0		5.0						1.0	1.0	1.0	2.0	1.0						2.0
Rest						1.0	3.0			1.0	1.0	2.0			1.0			2.0	1.0			5.0	2.0	3.0	
Montmorin	Gesamt %	16.6	6.2	13.6	94.0	87.2	68.9	85.4	41.6	68.4	75.8	46.9	52.6	73.8	78.8	73.4	71.3	69.0	74.8	90.7	53.6	29.4	47.4	81.8	9.5
Illit		2.4	9.5	2.2	1.4	1.8	2.2	1.4	4.3	1.2			1.3	3.3	0.8	2.0	2.1	1.0	4.3	1.6	0.8	0.6		1.4	
Kaolin		4.6	13.8	9.5					6.0						1.4	0.6	7.7			5.3	0.5				65.7
Chlorit				2.0				1.3		1.6	1.0								4.3			0.4			
Quarz		64.2	67.4	48.7	2.7	8.5	24.0	10.9	27.0	12.4	16.6	50.7	37.0	22.0	2.4	14.0	9.6	0.4	6.0	1.2	40.0	42.8	50.3		1.4
Zeolith				1.9														11.2							
Fe-Mg Silikat				1.9						4.6	2.2				12.3			1.5						6.6	
Karbonat													6.5									20.7			0.8
Fe-Oxid		8.2	2.5	18.4	1.9	1.5	3.9	0.8	14.1	8.7	3.3	1.0	1.4	1.3	2.8	6.1	7.0	16.4	6.1	1.3	4.3	5.7	1.0	7.0	16.9
I-M-Wechs.		2.4							3.5																
Biotit																3.1									
Rest		1.6	0.6	1.8		1.0	1.0	0.2	3.5	3.1	1.1	1.4	1.2		2.0	0.8	2.3	0.5	2.5		0.8	0.4	1.3	1.2	5.7

Tabelle Nr. 11.

Mineralbesland Steinbruch Oeleberg.

	Korn-Größe (µm)	Nr. der Probe 1	3	5	8	9	10	12	13	14	15	17	19	21	24	26	27	28	29	30
Quarz	>1000	100.0	100.0	60.0	100.0				100.0	10.0	100.0	100.0		100.0	90.0	40.0	100.0	80.0	46.0	
Feldspat										40.0										
Fe-Mg-Silikat				40.0						30.0						40.0			45.0	
Fe-Oxid										15.0						20.0			9.0	
Rest										5.0					10.0			20.0		
Montmorin	632 - 1000	75.0	50.0	75.0		50.0				10.0		50.0	50.0			35.0	10.0		20.0	
Quarz		20.0	50.0	6.0	100.0	50.0					100.0	49.0	50.0	95.0	80.0					
Feldspat										40.0							80.0	80.0	35.0	
Fe-Mg-Silikat				16.0						30.0						50.0			35.0	
Fe-Oxid				3.0						20.0		1.0		5.0	10.0	15.0	10.0		10.0	
Zeolith																				
Rest		5.0													10.0			20.0		
Montmorin	200 - 632	90.0	91.0	80.0	84.0	60.0	69.0	82.0	93.0	20.0	89.0	83.0	67.0	83.0	94.0	70.0	80.0	20.0	70.0	68.0
Quarz		7.0	2.0		15.0	39.0	30.0	15.0	5.0		9.0	15.0	33.0	14.0	4.0	18.0	15.0	70.0	15.0	32.0
Feldspat										35.0										
Fe-Mg-Silikat				14.0						30.0						5.0			10.0	
Fe-Oxid		3.0	3.0	6.0	1.0	1.0	1.0	3.0		15.0	2.0	2.0		3.0	2.0	7.0			5.0	
Zeolith																				
Rest			4.0						2.0								5.0	10.0		
Montmorin	63 - 200	84.0	92.0	78.0	58.0	56.0	60.0	80.0	76.0	48.0	78.0	58.0	66.0	80.0	93.0	55.0	89.0	92.0	74.0	74.0
Quarz		14.0	2.0	2.0	38.0	40.0	20.0	15.0	22.0	16.0	14.0	40.0	33.0	18.0	6.0	30.0	9.0	7.0	18.0	25.0
Feldspat										14.0						1.0				
Fe-Mg-Silikat				15.0			20.0			10.0						4.0			2.0	
Fe-Oxid		2.0	2.0	5.0	2.0	2.0		3.0		12.0	5.0	2.0	1.0	2.0	1.0	9.0	2.0	1.0	6.0	1.0
Zeolith																1.0				
Rest			4.0		2.0	2.0		2.0	2.0		3.0									
Montmorin	20 - 63	83.0	90.0	71.0	78.0	69.0	87.0	84.0	81.0	32.0	86.0	81.0	71.0	83.0	96.0	58.0	85.0	84.0	84.0	85.0
Quarz		13.0	5.0	3.0	18.0	26.0	9.0	14.0	15.0	5.0	7.0	16.0	25.0	15.0	2.0	14.0	10.0	13.0	6.0	12.0
Feldspat										29.0						3.0				
Fe-Mg-Silikat				22.0			1.0			19.0						6.0			1.0	
Fe-Oxid		3.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0	1.0	2.0	15.0	6.0	1.0	2.0	1.0	1.0	15.0	3.0	2.0	1.0	1.0
Zeolith																2.0				
Rest		1.0	4.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	2.0		1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	8.0	2.0
Montmorin	2 - 20	86.0	94.0	87.0	85.0	77.0	90.0	91.0	90.0	35.0	92.0	88.0	83.0	89.0	97.0	79.0	91.0	90.0	89.0	90.0
Quarz		12.0	4.0	1.0	12.0	17.0	7.0	6.0	6.0	2.0	3.0	9.0	15.0	9.0	2.0	8.0	4.0	7.0	5.0	9.0
Feldspat				3.0						29.0										
Fe-Mg-Silikat				8.0						19.0						7.0			1.0	
Fe-Oxid		1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.00	1.00	0.70	0.60	1.00	0.50	3.00	2.40	1.60		
Fe Mg-Silikate										0.20						10.20				
Rest				0.60	0.80	0.90	0.70	0.90		1.80	0.50	0.50								
													1.80	0.70	0.90		1.40	0.40		

Quarz	6 - 20	75.0	88.0	35.0	1.0	6.0	12.0	8.0	30.0	3.0	22.0	56.0	17.0	24.0		5.0	5.0		10.0	1.0	21.0	30.0	57.0		1.0
Zeolith				10.0														6.0							
Fe.Mg.Silikat				10.0						1.0	4.0				8.0			8.0						10.0	
Fe-Oxid																									
Zeolith	6																								
Rest				1.0	1.0		1.0	4.0	1.0	2.0	2.0		2.0	2.0	1.0	1.0		2.0	2.0	2.0	4.0				
Montmorin	2 - 6			77.0	93.0	88.0	75.0	83.0	89.0	88.0	89.0	62.0	90.0	67.0	81.0	86.0	91.0	84.0	89.0	90.0	90.0	77.0			
Illit				5.0	3.0	5.0	5.0	3.0	2.0	6.0	3.0	10.0	5.0	10.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0			
Kaolin				5.0			5.0							5.0								5.0			
Chlorit				5.0			5.0							8.0								5.0			
Quarz				7.0	3.0		8.0	12.0	6.0	4.0	5.0	1.0	2.0	8.0	12.0	8.0	2.0	6.0	4.0	5.0	5.0	8.0			
Fe-Mg-Silikat						6.0			1.0			5.0													
Feldspat												15.0													
Fe-Oxid				1.0	1.0	1.0	1.0		1.0	1.0	2.0	7.0	1.0			1.0		3.0	2.0						
Rest							1.0	2.0	1.0	1.0	1.0		2.0	2.0	2.0		2.0	2.0	1.0						
Montmorin	0.6 - 2			81.0	93.0	95.0	80.0	76.0	91.0	90.0	92.0	77.0	92.0	69.0	75.0	78.0	93.0	86.0	92.0	94.0	92.0	77.0			
Illit				5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	2.0	8.0	3.0	15.0	5.0	15.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.0	5.0	5.0			
Kaolin				5.0			5.0	5.0						5.0	5.0	5.0						5.0			
Chlorit				5.0			5.0	5.0						10.0	5.0	6.0						6.0			
Quarz				4.0	2.0		5.0	8.0	5.0	2.0	4.0		1.0	5.0	9.0	6.0	1.0	6.0	3.0	3.0	3.0	7.0			
Feldspat												5.0						1.0							
Fe-Mg-Silikat												1.0													
Fe-Oxid								1.0	1.0		1.0	2.0						1.0	1.0						
Rest					1.0			1.0	1.0				2.0	1.0	1.0		1.0	1.0							
Montmorin	<0.6			83.0	94.0	90.0	80.0	81.0	93.0	89.0	93.0	82.0	93.0	74.0	78.0	80.0	94.0	90.0	93.0	95.0	90.0	78.0			
Illit				5.0	4.0	10.0	6.0	4.0	3.0	10.0	4.0	15.0	6.0	10.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	8.0	5.0			
Kaolin				5.0			5.0	5.0						5.0	5.0	5.0						5.0			
Chlorit				5.0			6.0	5.0						8.0	5.0	8.0						6.0			
Quarz				2.0	2.0		3.0	5.0	4.0	1.0	3.0		1.0	3.0	7.0	2.0	1.0	4.0	2.0	2.0	2.0	6.0			
Feldspat												2.0													
Fe-Mg-Silikat																									
Fe-Oxid												1.0						1.0							
Rest																									
Montmorin	Gesamt %			83.0	91.0	81.0	74.0	75.0	83.0	84.0	86.0	51.0	85.0	70.0	73.0	81.0	93.0	74.0	84.0	88.0	74.0	81.0			
Illit				1.3	1.0	1.9	1.4	2.3	1.0	2.3	1.2	5.2	1.2	2.9	1.5	1.2	1.5	2.1	1.3	1.1	1.2	1.8			
Kaolin				1.3			1.3	2.3						1.5	1.1	1.0						1.8			
Chlorit				1.3			1.3	2.3						2.5	1.1	1.2						2.0			
Quarz				10.5	2.9	1.0	19.0	15.0	9.7	9.6	12.0	4.1	7.9	19.9	22.3	13.3	4.1	11.8	10.9	9.6	13.2	13.2			
Feldspat						1.0						18.8						1.0							
Fe-Mg-Silikat						11.7			4.0			11.0						3.5			6.9				
Fe-Oxid				1.9	1.9	3.5	1.7	1.1	1.0	1.5	1.0	10.1	3.1	1.2	0.9	1.4	1.1	6.1	1.3	0.8	3.9	0.4			
Zeolith																		1.0							
Rest				0.5	3.2	0.2	1.3	1.7	0.9	1.3	1.5	0.1	1.9	0.8	1.0	0.7	0.4	0.7	2.1	0.8	1.0	0.5			

Tabelle Nr. 12

Mineralbestand (unter 60 µm) von Tuffen aus dem Steinbruch Oeleberg

	Korngröße in µm	Nr. der Probe 2	4	6	7	11	16	18	20	22	23	25	31	32	33
Montmorin	63-20	87.80	79.50	83.00	82.00	80.50	72.00	74.00	79.50	70.00	75.00	77.20	70.00	87.00	73.00
Illit															
Chlorit															
Kaolin															
Quarz		7.80	15.00	14.50	15.50	10.00	19.00	21.60	17.50	22.00	20.80	18.80	3.00	8.00	25.00
Fe-Oxid		2.90	3.50	1.00	1.00	8.50	4.00	2.40	1.50	2.00	2.20	2.00	3.00	3.00	2.00
Fe Mg-Silikate							1.00						24.00		
Rest		1.50	2.00	1.50	1.50	1.00	4.00	2.00	1.50	6.00	2.00	2.00		2.00	
Montmorin		95.00	88.00	88.50	86.00	90.20	85.00	83.00	85.50	83.00	84.00	87.00	73.00	84.00	75.00
Illit															
Chlorit															
Kaolin															
Quarz	20-6	4.00	8.00	8.50	12.00	4.80	11.00	15.00	12.50	14.00	12.50	10.80	2.00	9.00	20.00
Fe-Oxid		1.00	2.00	1.00	1.00	3.50	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	0.50	5.00	4.00	3.00
Fe Mg-Silikate													20.00		
Rest			2.00	2.00	1.00	1.50	3.00	1.00	1.00	2.00	1.50	1.70			
Montmorin		92.00	89.00	90.00	85.00	90.00	74.00	84.00	81.00	76.00	78.00	87.00	85.00	88.00	76.00
Illit		3.00	4.00	3.00	5.00	4.00	10.00	5.00	8.00	5.00	4.00	4.00	4.00	5.00	10.00
Chlorit							4.00			3.00	4.00				
Kaolin							4.00			5.00	4.00				
Quarz	6-2	3.00	5.00	5.00	8.00	3.00	6.00	10.00	10.00	10.00	9.00	8.00	1.00	4.00	12.00
Fe-Oxid		1.00	1.00	1.00	1.00	1.50		1.00	1.00		1.00		4.00	2.00	2.00
Fe Mg-Silikate													6.00		
Rest		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00			1.00		1.00		1.00	
Montmorin		92.00	92.00	95.00	90.00	92.00	75.00	87.00	82.00	77.00	79.00	89.00	91.00	90.00	83.00
Illit		4.00	5.00	3.00	5.00	4.00	10.00	5.00	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	8.00
Chlorit							5.00			5.00	4.00				
Kaolin							5.00			5.00	4.00				
Quarz	2-06	3.00	3.00	2.00	5.00	2.00	5.00	8.00	8.00	8.00	6.00	6.00	1.00	2.00	8.00
Fe-Oxid		1.00				1.00							2.00	2.00	1.00
Fe Mg-Silikate													1.00		
Rest						1.00									
Montmorin		95.00	95.00	95.00	94.00	94.00	76.00	90.00	85.00	80.00	81.00	96.00	93.00	93.00	87.00
Illit		3.00	3.00	3.00	4.00	5.00	10.00	5.00	10.00	5.00	5.00	2.00	6.00	5.00	10.00
Chlorit							5.00			5.00	5.00				
Kaolin							5.00			5.00	5.00				
Quarz	<06	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	4.00	5.00	5.00	5.00	4.00	2.00		1.00	3.00
Fe-Oxid													1.00	1.00	
Fe Mg-Silikate															
Rest															
Montmorin		92.00	88.60	90.30	87.40	89.40	76.40	83.50	82.60	77.20	79.40	87.20	82.40	88.40	78.80
Illit		2.00	2.40	1.80	2.80	2.60	6.00	3.00	5.60	3.00	2.80	2.20	3.00	3.00	5.60
Chlorit							2.80			2.60	2.80				
Kaolin	Mittel-						2.80			3.00	2.80				
Quarz	werte	4.00	6.70	6.40	8.50	4.20	8.60	12.00	10.60	11.80	10.50	9.20	1.40	4.80	13.60
Fe-Oxid		1.30	1.30	0.60	0.60	2.90	1.00	1.00	0.70	0.60	1.00	0.50	3.00	2.40	1.60
Fe Mg-Silikate							0.20						10.20		
Rest		0.60	0.80	0.90	0.70	0.90	1.80	0.50	0.50	1.80	0.70	0.90		1.40	0.40

Lebenslauf

Am 31. Juli 1925 wurde ich als erstes Kind des Polizeiinspektors Bhulotan Singh und seiner Ehefrau Rajmukhi Singh in Naraingarh, Bezirk Ballia, Provinz Uttarpradesh, Indien geboren.

In der Zeit von 1931 bis 1936 besuchte ich die Volksschule in Naraingarh. 1936 trat ich in die "Government Hig School Basti" in Uttarpradesh ein und bestand 1942 die "High School Examination" in erster Klasse. 1942 setzte ich mein Studium im "Udai Pratap College" in Banaras fort und beendete meine "I. Sc.-Examination" 1944 in zweiter Klasse.

Im Juli 1944 begann ich an der Universität Banaras das Geologiestudium und bestand 1947 die "B. Sc-Examination" in zweiter Klasse. 1947 setzte ich mein Studium in Geologie an der Universität von Patna fort. 1949 bestand ich meine "M. Sc.-Examination" in Geologie an erster Stelle in zweiter Klasse.

Ab 1950 leistete ich 3 1/2 Jahre Dienst an der Universität von Patna als provisorischer Lektor. 1953 trat ich in den "Government Educational Service" der Provinz Bihar als "Assistant Prof. of Geology" an der Universität von Patna ein.

Seit Oktober 1962 wurde mir von der Regierung ein Studien-Urlaub bis 31. Juli 1965 gewährt. Ich erlernte die deutsche Sprache im Goethe-Institut in Brannenburg-Degerndorf bei Rosenheim (Nov.-Dez. 1962).

Im Januar 1963 begann ich bei Prof. Dr. Th. Ernst meine Doktorarbeit mit dem Thema "Sedimentpetrographische Untersuchung der Tuffe und Tuffite des Vogelsbergs".

Fotodruck

– W. Hogl, Erlangen, Brüxer Straße 9, (Nähe Röthelheimbad) Telefon 1636 [15336] –